



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي
Université Echahid Hamma Lakhdar - El OUED
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية
Département de biologie Cellulaire et Moléculaire



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences
biologiques

Spécialité: Biochimie appliquée

THEME

Etude des effets antioxydants des polysaccharides
hydrosolubles d'*Astragalus gombo* Bunge (Fabaceae)

Présentés Par:

M^{elle} BEKAKRA Kaouthar

M^{elle} MELIK Maroua

M^{elle} GUENNAS Hadjer

M^{elle} LAMAMRA Imane

Devant le jury composé de:

Présidente:	Mr. SALEMI Said	MAA	Université d'El Oued
Examineur:	M ^{me} . YOUMBAI Asma	MCB	Université d'El Oued
Promotrice:	M ^{me} . MEHELLOU Zineb	MAA	Université d'El Oued

Année universitaire: 2022/2023

Remerciements

Ce sont des pas écrits sur nous, alors nous les avons parcourus, et celui qui a écrit des pas a marché dessus.

Ici, nous arrivons à la lumière au bout du tunnel, à la fin du voyage.

*Nous remercions **ALLAH** le tout puissant de nous avoir donné la force, le courage, la persistance et nous a permis d'accomplir ce modeste travail.*

*Nous exprimons nos remerciements et notre gratitude à ceux qui ont illuminé notre chemin vers le succès, notre promotrice enseignante, Mme **MEHELLOU ZINEB**, maître assistant A à la Faculté des sciences naturelles et de la vie - Université El-Oued. Merci pour vos merveilleux conseils et orientations, en plus de votre aide et de votre soutien moral continu pour nous pousser vers la réalisation de notre objectif. Merci d'avoir accepté de superviser ce travail, de votre présence permanente parmi nous.*

*Nous exprimons nos sincères remerciements et notre reconnaissance à Mr **SALEMI SAID** Maître assistant A, à la faculté des Sciences Naturelles et des Sciences de la Vie - Université El-Oued, pour l'honneur de présider ce jury.*

*Nous exprimons également notre profonde gratitude à Mme **YOUMBAI ASMA** maître de conférence B à la Faculté des sciences naturelles et de la vie - Université El Oued qui a accepté de faire partie du jury et de consacrer son temps à l'examen de ce travail.*

*Nous remercions sincèrement tous les membres du laboratoire du Département des sciences de la nature et de la vie de l'Université **ECHAHID, HAMA LAKHDAR**, El-Oued. Nous adressons également nos sincères remerciements aux étudiants en doctorat qui se soucient de leur aide précieuse et nous leur souhaitons également du succès dans la réalisation de leurs projets. Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*



Dédicace

*Nous dédions cet humble
travail à nos chers parents
pour leurs sacrifices et
leurs encouragements, et à
nos chers frères et à tous
ceux qui ont contribué à
notre soutien*

Résumé

L'objectif de ce travail est l'étude des polysaccharides hydrosolubles d'extraits des feuilles d'*Astragalus gombo* Bunge (Fabaceae), une plante spontanée à caractère médicinal récoltée dans la région d'El Oued. L'étude porte sur l'évaluation des effets biologiques *in vivo* des extraits polysaccharidiques obtenus. En effet, des rattes femelles de souche *Wistar albinos* sont exposées à l'acétate de plomb dans leur eau de boisson à une concentration de 100 mg/kg de poids corporel après un prétraitement par l'extrait polysaccharidique (100 mg/kg de poids corporel). De plus, il est effectué des dosages de MDA et de l'activité de CAT de foie, des reins, de cerveau, et de sang. Ainsi, une confection des coupes histologiques est réalisée pour le foie, les reins et le cerveau.

Après extraction à chaud, une fraction des polysaccharides hydrosolubles nommé AGP est obtenue à partir des feuilles d'*A. gombo* Bunge à un rendement de 6,74%. De plus, l'étude des bio-activités *in vivo* révèle une augmentation significative enregistrée pour les taux de MDA (hépatique, rénal, cérébral et sanguin) et pour l'activité de CAT hépatique, à la suite d'une exposition au plomb. Cependant, une diminution significative des taux de MDA (hépatique, cérébral et sanguin) et d'activité de CAT (hépatique) est observée chez les individus prétraités par AGP par rapport aux individus contrôles. De même, l'étude histologique des organes (foie, rein, cerveau) laisse marquer des lésions tissulaires présentées par une inflammation, une hémorragie, une augmentation de taille de certains noyaux, et l'accumulation des cellules lymphocytaires. A partir des observations microscopiques, le prétraitement par la fraction AGP empêche les lésions hépatiques, rénales et cérébrales induites par l'acétate du plomb chez les rattes *Wistar albino*. Ainsi, Les résultats du présent travail laissent noter des effets antioxydants, antiinflammatoires, hépatoprotecteurs rénoprotecteurs et neuroprotecteurs *in vivo* contre la toxicité du plomb.

Mots clés: Polysaccharides hydrosolubles, Activités biologiques, Acétate de plomb, *Astragalus gombo* Bunge, Sahara.

Abstract

The objective of this work is the study of water-soluble polysaccharides extracted from the leaves of *Astragalus gombo* Bunge (Fabaceae), a spontaneous plant with a medicinal character harvested in the region of El Oued. The study concerns the evaluation of the *in vivo* biological effects of the obtained polysaccharide extracts. Indeed, female rats of the *Wistar albino* strain are exposed to lead acetate in their drinking water at a concentration of 100 mg/kg of body weight after pretreatment with the polysaccharide extract (100 mg/kg of body weight). In addition, assays of MDA and CAT activity of liver, kidney, brain, and blood are performed. Moreover, a preparation of histological sections is carried out for the liver, the kidneys and the brain.

After hot extraction, a fraction of water-soluble polysaccharides called AGP is obtained from the leaves of *A. gombo* Bunge at a yield of 6.74%. In addition, the study of bio-activities *in vivo* reveals a significant increase recorded for the levels of MDA (hepatic, renal, cerebral and blood) and for the activity of hepatic CAT, following exposure to lead. However, a significant reduction in the levels of MDA (hepatic, cerebral and blood) and of CAT activity (hepatic) is observed in individuals pretreated with AGP compared with control individuals. Similarly, the histological study of the organs (liver, kidney, brain) reveals tissue lesions presented by inflammation, hemorrhage, an increase in the size of certain nuclei, and the accumulation of lymphocyte cells. Based on microscopic observations, pretreatment with the AGP fraction prevents lead acetate-induced hepatic, renal and cerebral lesions in *Wistar albino* rats. Thus, the results of this work show antioxidant, anti-inflammatory, hepatoprotective, renoprotective and neuroprotective effects *in vivo* against lead toxicity.

Key words: Water-soluble polysaccharides, Biological activities, *Astragalus gombo* Bunge, Lead acetate, Sahara.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة السكريات القابلة للذوبان في الماء والمستخلصة من أوراق *Astragalus gombo* (Fabaceae) Bunge، وهو نبات بري ذو طابع طبي يتم حصاده في منطقة الوادي. تتعلق الدراسة بتقييم التأثيرات البيولوجية في الجسم الحي لمستخلصات السكريات التي تم الحصول عليها. في الواقع، يتم تتعرض إناث الجرذان من سلالة *Wistar Albino* لحالات الرصاص في مياه الشرب بتركيز 100 مجم/كجم من وزن الجسم بعد المعالجة المسبقة بمستخلص متعدد السكريات (100 مجم/كجم من وزن الجسم). بالإضافة إلى ذلك، يتم إجراء فحوصات مستويات MDA و CAT للكبد، الكلى، الدماغ والدم. وايضا، يتم تحضير المقاطع النسيجية للكبد، الكلى والدماغ.

بعد الاستخراج الساخن، يتم الحصول على جزء من السكريات القابلة للذوبان في الماء يسمى AGP من أوراق A. *gombo* Bunge بنسبة 6.74%. بالإضافة إلى ذلك، تكشف دراسة الأنشطة الحيوية في الجسم الحي عن زيادة ملحوظة في مستويات MDA (الكبد، الكلى، الدماغ والدم) ونشاط CAT الكبدية، بعد التعرض للرصاص. ومع ذلك، لوحظ انخفاض كبير في مستويات MDA (الكبد و الدماغ والدم) ونشاط CAT (الكبد) في الأفراد الذين عولجوا بـ AGP مقارنة مع الأفراد الضابطة. وبالمثل، فإن الدراسة النسيجية للأعضاء (الكبد، الكلى، المخ) تكشف عن آفات الأنسجة الناتجة عن الالتهاب، والنزيف، وزيادة حجم نوى معينة، وتراكم الخلايا الليمفاوية. استنادًا إلى الملاحظات المجهرية، تمنع المعالجة المسبقة بجزء AGP الآفات الكبدية والكلى و الدماغية التي تسببها حالات الرصاص في جرذان ويستار البيضاء. وهكذا، تظهر نتائج هذا العمل تأثيرات مضادات الأكسدة، مضادة للالتهابات، الحماية من أمراض الكبد والكلى والحماية العصبية في الجسم الحي ضد سمية الرصاص.

الكلمات المفتاحية: السكريات القابلة للذوبان في الماء، الأنشطة البيولوجية، *Astragalus gombo* Bunge، أسيتات الرصاص، الصحراء.

LISTE DES FIGURES

Numéro	Titre	Page
Figure 01	Unité principale de la pectine (a) et représentation schématique de la structure chimique de quatre polysaccharides pectiques (b)	8
Figure 02	Cellulose	9
Figure 03	Hémicellulose de <i>Borassus flabellifer</i> Linn	10
Figure 04	Amylose et amyloptine	11
Figure 05	Fructane et leurs éléments constitutifs communs	12
Figure 06	Unité principale des galactomannanes	13
Figure 07	Liaisons osidiques du glycogène	16
Figure 08	Unité principale de Kératane sulfate	16
Figure 09	Chitosane des exosquelettes des arthropodes	17
Figure 10	Unité disaccharidique principale de l'héparine	17
Figure 11	Dextrane de <i>Streptococcus</i>	18
Figure 12	Unité principale de Pullulane	19
Figure 13	Unité principale des lentinanes	20
Figure 14	Carraghénanes kappa, iota et lambda	21
Figure 15	Fucoïdane de type I et fucoïdane de type II	22
Figure 16	Protocole d'extraction des polysaccharides	35
Figure 17	Schéma récapitulatif du protocole expérimental de l'étude <i>in vivo</i>	36
Figure 18	Taux de MDA dans le foie, les reins, le cerveau et le sang des rattes des trois lots	45
Figure 19	Taux de CAT dans les foies, les reins, le cerveau et le sang des rattes des trois lots	48
Figure 20	Coupes histologiques du tissu hépatique de différent lot (G× 40)	50
Figure 21	Coupes histologiques du tissu du Cerveau de différent lot (G× 40)	51
Figure 22	Coupes histologiques du tissu du Rein de différent lot (G× 40)	52

LISTE DES PHOTOS

Numéro	Titre	Page
Photo 01	<i>Astragalus gombo</i> Bunge à Hassi Khalifa, Wilaya d'El Oued (Algérie)	28
Photo 02	Rattes blanc dans des cages	32
Photo 03	Décapitation et prélèvement de sang	34
Photo 04	Etape de fixation de l'organe	39
Photo 05	Etape d'inclusion de tissu de l'organe	40
Photo 06	Etape de coloration	41

LISTE DES ANNEXES

Numéro	Titre
Annexe 01	Principaux homopolysaccharides et hétéropolysaccharides
Annexe 02	Etapas expérimentales de l'extraction des polysaccharides hydrosolubles
Annexe 03	Sacrifice, prélèvement des échantillons et préparation des homogénats
Annexe 04	Coupes histologiques des différents organes à un grossissement $\times 10$

LISTE DES ABREVIATIONS

AGP	<i>Astragalus gombo</i> polysaccharide
APS	Polysaccharides <i>Astragalus</i>
BHT	Buthydrxytoluène
CAT	Catalase
CV	congestion vasculaire au niveau de la veine centrolobulaire
DT	dilatation tubulaire
DV	dilatation veineuse
GTF	Fructane de type grameenan
H	Hémorragie
H₂O₂	Peroxyde d'hydrogène
HCl	Chlorure d'hydrogène
HG	Homogalacturonan
HN	Hépatocyte normale
IL	Infiltration Lymphatique
ITF	fructanes de type inuline
MDA	Malondialdéhyde
NF-κB	Facteur de transcription nucléaire-κB
NH	nécrose hépatique
RG	Rhamnogalactouronan
RG-I	Rhamnogalactouronan I
RG-II	Rhamnogalactouronan II
Rha	Rhamnose
ROS	Espèces activées de l'oxygène.
SOD	Superoxyde dismutase
TBA	acide thiobarbiturique
TCA	acide trichloracétique
TNF	Facteur de nécrose tumorale
V	Vacuolisation
VC	veine centrolobulaire
VP	veine porte hépatique
XGA	Xylogalacturanan

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumés

LISTE DES FIGURES

LISTE DES PHOTOS

LISTE DES ANNEXES

LISTE DES ABREVIATIONS

SOMMAIRE

Introduction

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique

I.1- Généralités sur les polysaccharides	5
I.2- Polysaccharides végétaux	7
I.2.1- Polysaccharides structuraux	7
I.2.1.1- Pectines	7
I.2.1.2- Cellulose	8
I.2.1.3- Hémicelluloses	9
I.2.2- Polysaccharides de réserve	10
I.2.2.1- Amidon	10
I.2.2.2- Fructanes	11
I.2.2.3- Galactomannanes	12
I.2.2.4- Exsudats et mucilages	14
I.2.2.4.1- Gommages	14
I.2.2.4.2- Mucilages	14
I.3- Polysaccharides animaux	15
I.3.1- Glycogène	15
I.3.2- Kératane sulfate	16
I.3.3- Chitosane	17
I.3.4- Héparine	17
I.4- Polysaccharides bactériens et fongiques	18
I.4.1- Dextranes	18
I.4.2- Xanthane	18
I.4.3- Pullulane	19

I.4.4- Lentinane	19
I.5- Polysaccharides d'algues	20
I.5.1- Carraghénanes	21
I.5.2- Fucoïdanes	21
I.5.3- Ulvanes	22
I.6- Activités biologiques des polysaccharides	23
I.6.1- Activité antioxydante	23
I.6.2- Activité antiinflammatoire	24
I.6.3- Activité antidiabétique	25
I.7- Aperçu sur le genre Astragalus	26
I.7.1- Famille de Fabaceae	26
I.7.2- Genre Astragalus	27
I.7.2.1- Utilisations du genre Astragalus	27
I.7.2.2- <i>Astragalus gombo</i> Bunge	27
I.7.2.2.1- Position botanique	28
I.7.2.2.2- Utilisations de l' <i>Astragalus gombo</i> Bunge	29

CHAPITRE II: Matériel et méthodes

II.1- Principe d'étude	31
II.2- Matériel d'étude	31
II.2.1- Matériel végétale	31
II.2.2- Matériel animal	32
II.3- Méthodes d'étude	32
II.3.1- Extraction des polysaccharides hydrosolubles	33
II.3.2- Activités biologiques <i>in vivo</i>	33
II.3.2.1- Traitement d'animaux	33
II.3.2.2- Sacrifice et prélèvement de sang et organe	34
II.3.2.3- Paramètres de stress oxydatif	37
II.3.2.3.1- Préparation de l'homogénat	37
II.3.2.3.2- Dosage de Malondialdéhyde (MDA)	37
II.3.2.3.3- Dosage de l'activité enzymatique de catalase	38
II.3.2.4- Coupes histologies	39
II.3.2.4.1- Fixation	39
II.3.2.4.2- Déshydratation et imprégnation	39
II.3.2.4.3- Inclusion	40

II.3.2.4.4- Confection d'un coup histologique	40
II.3.2.4.5- Coloration	40
II.3.2.4.6- Montage et observation microscopique	41
II.3.3- Analyse statistique	42
 CHAPITRE III: Résultats et discussion	
III.1- Rendement d'extraction des polysaccharides	44
III.2- Activités biologiques <i>in vivo</i>	44
III.2.1- Effets sur les paramètres du stress oxydant	44
III.2.1.1- Effets sur le taux du molonydialdéhyde (MDA)	45
III.2.1.2- Effet sur l'activité de catalase (CAT)	48
III.2.2- Étude histologique des organes	49
Conclusion	56
Perspectives	57
Références	59
Annexes	

INTRODUCTION

Les êtres humains ont toujours compté sur les plantes médicinales dans leur environnement pour traiter de nombreuses maladies. L'Organisation Mondiale de la Santé a estimé que 80 % de la population mondiale dépend spécifiquement de la médecine traditionnelle pour les soins de santé. De plus, il est indiqué que les deux tiers des médicaments actuels sont d'origine naturelle. Cependant, la culture de la médecine traditionnelle est menacée de disparaître progressivement avec le temps. Par conséquent, il y a un besoin urgent d'attention et de protection de cette culture. La recherche de molécules biologiquement actives d'origine naturelle est l'un des axes prioritaires identifiés par le TDR (Tropical Diseases Research, 2008).

La grande famille des Fabaceae, connue sous le nom de légumineuses, appartient à la troisième plus grande famille de plantes à fleurs. De nombreuses espèces et variétés de plantes de la famille Fabaceae sont récoltées à des fins alimentaires, que ce soit pour la consommation humaine ou animale. Elles sont également utilisées dans les domaines médical, pharmaceutique, chimique...etc. (MOREL, 2011; ZIANE, 2016; BELLEBCIR *et al.*, 2022). Le genre *Astragalus* représente l'un des plus grands genres de la famille des Fabaceae. Les espèces du genre *Astragalus* sont considérées comme des plantes médicinales importantes, utilisées en médecine populaire traditionnelle dans le monde entier (AZANI *et al.*, 2019). Elles sont également caractérisées par leurs efficacités dans la stabilisation des dunes de sable, la préservation des sols contre la désertification, la nutrition des chameaux, en plus de ses bienfaits médicaux et de ses propriétés phytochimiques importantes dans l'industrie pharmaceutique (CHAÏCH, 2018). Le genre *Astragalus* est identifié comme une source intéressante de substances bioactives telles que les flavonoïdes, les composés phénoliques et les polysaccharides (FOUDAH *et al.*, 2017).

Les polysaccharides sont exploités depuis de nombreuses années en raison de leur caractère renouvelable, de leur non-toxicité, de leur biodégradabilité et de leur abondance où les glucides naturels peuvent être obtenus à partir de diverses sources d'origine végétale (pectine et amidon), d'origine microbienne (dextrane) et d'origine animale (chitosan). Les polysaccharides actifs apparaissent également sous des formes presque similaires, mais présentent des différences structurales légères. Ces différences structurales affectent parfois significativement l'activité biologique (CARROLL et FISCHER., 1997; CHOUANA, 2017; MOHAMMED *et al.*, 2021).

Le but de cette étude est de fournir de nouvelles connaissances sur l'activité biologique de l'extrait polysaccharidique des feuilles d'*Astragalus gombo* Bunge. Ainsi, il est visé à étendre leur exploitation dans le domaine de la biomédecine. Il est ciblé également à contribuer à la valorisation des plantes médicinales spontanées trouvées dans le désert algérien et à évaluer leurs usages en médecine traditionnelle.

Ce travail comprend trois chapitres, dont le première chapitre est consacrée à une synthèse bibliographique qui représente un aperçu sur les polysaccharides et de leurs activités biologiques, en référence à quelques exemples de polysaccharides d'origines diverses. En plus de quelques informations générales et caractéristiques sont notées sur la plante *A. gombo* Bunge. Le deuxième chapitre traite des techniques expérimentales d'extraction des polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. gombo* Bunge et d'évaluation des activités biologiques par les paramètres de stress oxydatif et l'étude histologique. Le troisième chapitre dévoile les principaux résultats obtenus, en plus de les discuter. Enfin, une conclusion générale basée sur les différents résultats obtenus et les perspectives qui constituent un ensemble d'idées qui complètent ce travail.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

Le sujet de ce chapitre s'articule autour de quelques informations générales sur les polysaccharides, dont la classification, la structure, les propriétés les plus importantes et les activités biologiques. Ainsi, il est également présenté quelques généralités sur *Astragalus gombo* Bunge.

I.1.- Généralités sur les polysaccharides

Les polysaccharides sont des polymères biocompatibles, naturels (non toxiques), et ont une capacité élevée de gonflement (PERSIN *et al.*, 2011; UDAYAN *et al.*, 2017). De formule moléculaire générale $n(\text{CH}_2\text{O})$, il est constitué majoritairement de polyhydroxyaldéhydes ou de polyhydroxycétones (CHOUANA, 2017). Ce sont de grosses molécules de glucides dans des unités monosaccharidiques qui sont liées de manière covalente par des liaisons O-glycosidiques, soit dans une configuration linéaire ou ramifiée. Comme d'autres molécules biologiques telles que les acides nucléiques et les protéines, ils sont présents dans toutes les formes de vie dans la nature, à partir de sources naturelles telles que les plantes, les animaux, les micro-organismes et les algues ... etc. D'autre part, les oses semi-synthétiques sont produits par modification enzymatique ou chimique de macromolécules. Ils jouent un rôle essentiel dans l'existence et les activités biologiques de tous les organismes connus (WIJESINGHE *et al.*, 2012; ZONG *et al.*, 2012; DARGE *et al.*, 2019; FITTOLANI *et al.*, 2019; XU *et al.*, 2019; BARBOSA et DE CARVALHO JUNIOR, 2021).

En raison de ses caractéristiques de structure exceptionnelles, de ses propriétés fonctionnelles et de ses propriétés physiques et chimiques (solubilité et effet de faible pression osmotique) (ZONG *et al.*, 2012), les polysaccharides sont largement utilisés dans les industries pharmaceutiques (ARLOV *et al.*, 2021), environnementales (NASROLLAHZADEH *et al.*, 2021) et alimentaires (CUI *et al.*, 2021). L'information structurale des polysaccharides est la base théorique pour comprendre la relation entre la structure et la fonction des polysaccharides. Par rapport à d'autres (grosses) molécules biologiques, la structure des polysaccharides est plus complexe en raison de la diversité des unités monomériques et des types de liaisons (RAY *et al.*, 2021).

Les polysaccharides peuvent être classés en fonction de leur structure, de leur solubilité dans l'eau, de leurs sources, de leur composition chimique et de leur fonctionnalité. Sur le plan fonctionnel, on retrouve deux types de polysaccharides à savoir les polysaccharides de réserve comme l'amidon et le glycogène, et les polysaccharides de structure comme la cellulose et la chitine (CHOUANA, 2017; JIAN *et al.*, 2017). La plupart des polysaccharides ont un degré

élevé de polymérisation (DP) par rapport aux oligosaccharides, et c'est ce qui provoque les changements graduels totaux qui se produisent dans leurs propriétés physiques (EL KHADEM, 2003). En fonction de ces propriétés, la solubilité des polysaccharides varie, certains étant insolubles dans l'eau (comme la cellulose et la chitine) et d'autres peu solubles (comme l'amylose et le xylane) (MIAO, 2011; XIA, 2011).

La classification utilisée dans les textes de chimie distingue les "vrais" polysaccharides permettant la dépolymérisation des monosaccharides et oligosaccharides seuls ou de leurs dérivés. De plus, il se trouve les polymères conjugués qui sont composés d'un polysaccharide lié à un autre polymère pour former un glycopeptide ou une glycoprotéine (EL KHADEM, 2003).

Les vrais polysaccharides sont divisés en deux grandes catégories, dont les homopolysaccharides qui sont des polymères ayant un seul type d'unités monosaccharidiques répétitives, comme Les glucanes sont des polymères de D-glucose et les xylanes des polymères de D-xylose...etc. Les hétéropolysaccharides consistent en deux ou plusieurs types d'unités monosaccharidiques en alternant dans une séquence répétitive, comme les arabinoxylanes qui sont des polymères mixtes d'arabinose et de xylose. Le même principe s'applique pour classer les galactoarabinanes, les galactomannanes ... etc (annexe 01, tableau 01) (VOET et VOET, 2005; HAMES *et al.*, 2006; DJAFAR et MEZERREG, 2018).

Les efforts scientifiques sont concentrés sur le développement de biomatériaux polysaccharidiques en raison de leurs multiples propriétés, à savoir l'énergie renouvelable, la biocompatibilité, la biodégradabilité car certains polysaccharides ont un rôle dans l'administration de médicaments, plus de stabilité (MOHAMMED, 2021; SOOD *et al.*, 2021), la non-toxicité (ULLAH *et al.*, 2019), la disponibilité et le faible coût (TIZZOTTI *et al.*, 2010; XIE *et al.*, 2015).

Les polysaccharides se caractérisent également par des propriétés rhéologiques qui se basent sur la concentration en polymère, les types de polysaccharides et les facteurs environnementaux externes (YANG *et al.*, 2020). Les polysaccharides peuvent être obtenus à partir de nombreuses sources différentes. Ils présentent une grande importance à travers diverses activités biologiques, telles que l'activité anti-tumorale, anti-immunogène et anti-inflammatoire, antimicrobienne, antioxydante, anticoagulante, antidiabétique, antivirale et hypoglycémiante (MOHAMMED, 2021).

I.2.- Polysaccharides végétaux

Les plantes et les algues sont les principales sources de polysaccharides, car elles produisent un taux de 90 % ou plus de la production totale de polysaccharides dans la terre (RAMAWAT et MERILLON, 2015). Ils peuvent également être classés selon leur fonction biologique en polysaccharides de réserve (amidon, fructanes et galactomannanes), en polysaccharides de structure (cellulose, hémicellulose et pectine) et en exsudats et mucilage (WARRANT, 2004).

I.2.1.- Polysaccharides structuraux

Les polysaccharides structuraux sont utilisés pour former le cadre structurel de la paroi cellulaire chez les plantes, par exemple les pectines, la cellulose et les hémicelluloses (USMAN *et al.*, 2017; LIM *et al.*, 2021).

I.2.1.1.- Pectines

Les pectines (fig. 01) sont des polysaccharides acides très complexes (le plus complexe dans la nature). Ils sont de la famille des polysaccharides végétaux, de type structural, puisqu'il représente 35% des parois cellulaires au niveau du lamina primaire et intermédiaire chez certaines espèces végétales (MARTINS *et al.*, 2020; ROPARTZ et RALET, 2020; WUSIGALE *et al.*, 2020; CIRIMINNA *et al.*, 2022; EMRAN *et al.*, 2022).

Les pectines sont constituées de trois composants majeurs, dont homogalacturonan (HG), rhamnogalacturonan I (RG-I) et rhamnogalacturonan II (RG-II), liés les uns aux autres par covalence, partageant des caractéristiques communes, mais très diversifiés dans leur microstructure (ROPARTZ *et al.*, 2020). Le composant prédominant de la pectine est la région HG ou appelée région lisse, car elle constitue 65 % des pectines. Il consiste en une chaîne linéaire de molécules d'acide galacturonique (D-GalA) liées par α -(1→4) (MARTINS *et al.*, 2020; WUSIGALE *et al.*, 2020). Le deuxième composant essentiel est RG-I qui est présent de 20 à 35% de pectine et contient le squelette de l'unité répétitive disaccharidique de $[-D-GalA-\alpha$ -(1→2)-L-Rha- α -(1→4)-] $_n$. Il présente d'autres oses neutres dont l'arabinose, le xylose, le fructose et le galactose (WUSIGALE *et al.*, 2020; CIRIMINNA *et al.*, 2022). Enfin, RG-II est le polymère le plus complexe parmi les trois composés de pectine. Il représente environ 10% de la pectine et possède un squelette de HG, à la place de RG, et des chaînes latérales complexes liées aux résidus GalA (WUSIGALE *et al.*, 2020). Il présente également une région de galacturonane

substitué, appelée xylogalacturonane (XGA). L'abondance relative de chacun des trois composants pectiques (HG, RG-I et RG-II) dépend de l'espèce végétale (O'NEILL *et al.*, 2022).

Les pectines ont des propriétés anticancéreuses, inhibant la croissance et la propagation des tumeurs dans une variété de cellules cancéreuses et joue un rôle dans la prévention des maladies chroniques à long terme telles que le diabète et les maladies cardiaques. C'est un ingrédient naturel qui peut être apporté par la consommation alimentaire de fruits et légumes (EMRAN *et al.*, 2022). Il est largement utilisé dans l'industrie alimentaire comme épaississant, humidifiant les aliments, stabilisant des boissons lactées acidulées, composé de texture et gélifiant (CIRIMINNA *et al.*, 2022).

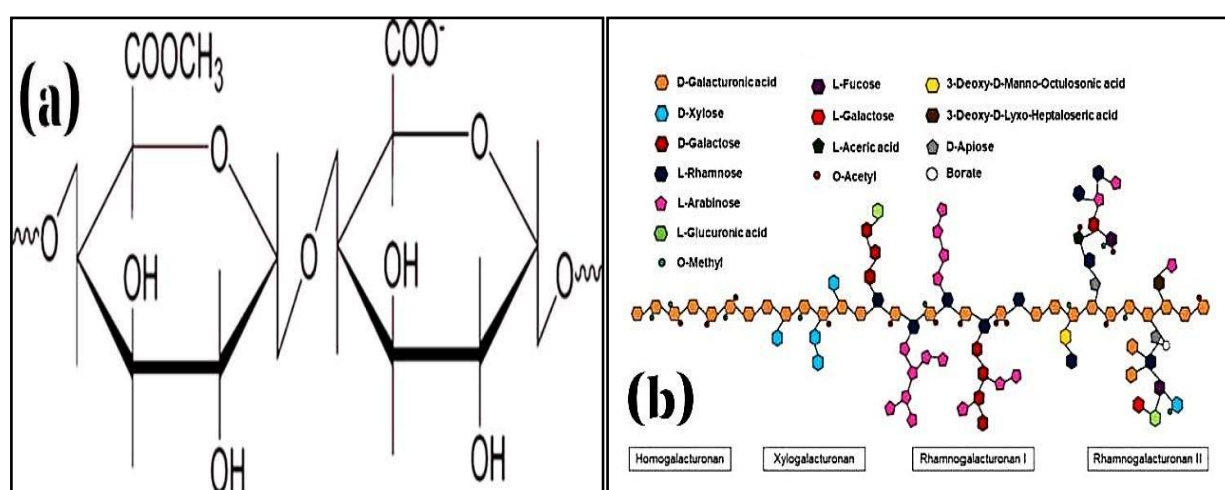


Figure 01.- Unité principale de la pectine (a) et représentation schématique de la structure chimique de quatre polysaccharides pectiques (b) (MOHNEN, 2008; AUGUSTINE *et al.*, 2015; MARTINS *et al.*, 2020)

I.2.1.2.- Cellulose

La cellulose (fig. 02) est un polymère organique, naturel et linéaire (BAGHEL *et al.*, 2021). avec un poids moléculaire élevé d'environ 10^6 Da ou plus (FLOCH *et al.*, 2015; ROL *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2021). La principale source de cellulose est les fibres (formées par la photosynthèse) présentes dans la paroi cellulaire des plantes (LIU *et al.*, 2021a; ZHANG *et al.*, 2021). C'est la ressource biologique la plus abondante dans la nature (AZMAN, 2022), avec une production de 700 milliards tonnes par an (YU *et al.*, 2019).

La cellulose est formée en reliant des molécules de cellobiose entre elles par des liaisons glycosidiques β -(1→4). Elle contient également de nombreux groupes hydroxyle, qui forment un

grand nombre de liaisons hydrogène entre et au sein des molécules (ZHANG *et al.*, 2021), ce qui entraîne sa stabilité, sa cristallinité et son insolubilité dans la plupart des solvants (YU *et al.*, 2019).

Elle est largement utilisée dans de nombreuses applications en raison de sa disponibilité abondante, de son faible coût, de sa non-toxicité, de sa biocompatibilité, de sa biodégradabilité et de sa facilité de traitement (MOTAUNG et LINGANISO, 2018; ABDUL KADAR *et al.*, 2021; AZMAN, 2022). Elle est utilisée dans l'industrie papetière, textile, pharmaceutique, vétérinaire, cosmétique, agro-alimentaire, traitement des eaux et comme alternative aux plastiques conventionnels (YU *et al.*, 2019; RAJESWARI *et al.*, 2020; BAGHEL *et al.*, 2021).

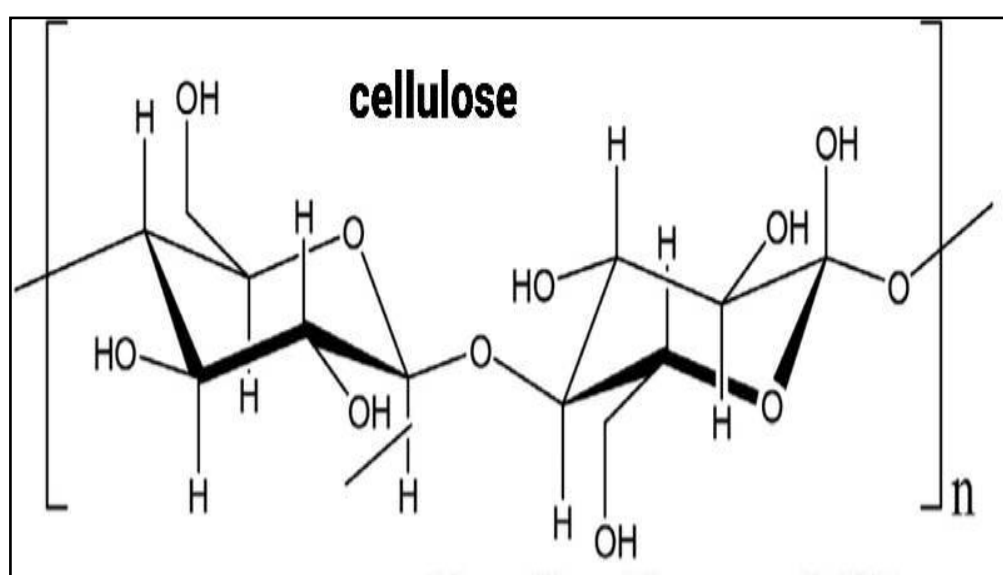


Figure 02.- Cellulose (SELVAKUMAR et THANAPPAUL, 2021)

I.2.1.3.- Hémicelluloses

Les hémicelluloses (fig. 03) sont des polysaccharides hétérogènes qui sont l'un des principaux composants de la lignocellulose et le deuxième composant renouvelable le plus abondant après la cellulose. C'est un composant important de la paroi cellulaire végétale. Chimiquement apparentée à la lignine et à la cellulose, sa composition diffère selon les espèces végétales (RAGAB *et al.*, 2018; YOU *et al.*, 2019; DELOULE *et al.*, 2020; ZHENG *et al.*, 2022; PAN *et al.*, 2023). Les hémicelluloses comprennent principalement cinq oses différents, dont le L-arabinose, le D-galactose, le D-xylose, le D-glucose et le D-mannose. Le squelette des chaînes hémicellulosiques peuvent être soit un homopolymère, soit un hétéropolymère (DELOULE *et al.*, 2020; PAN *et al.*, 2023).

Les hémicelluloses se distinguent également de la cellulose par la présence des différentes unités saccharidiques et sa structure moléculaire variable car elle est amorphe et se dégrade plus facilement que la cellulose (DELOULE *et al.*, 2020). C'est l'une des ressources les plus fiables qui présente les avantages d'expansibilité et de reproductibilité. Plus le degré de polymérisation d'un hémicellulose est élevé, plus sa solubilité est faible. Le film préparé avec de l'hémicellulose à haut DP est facile à casser lors du processus de séchage (SHRESTHA *et al.*, 2019; PAN *et al.*, 2023). Il est utilisé comme matière première prometteuse pour la synthèse de biomatériaux (PAN *et al.*, 2023), et peut également être utilisé dans des applications industrielles à valeur ajoutée, notamment les thermoplastiques, les produits pharmaceutiques et dans l'industrie traditionnelle des pâtes et des papiers (YOU *et al.*, 2019).

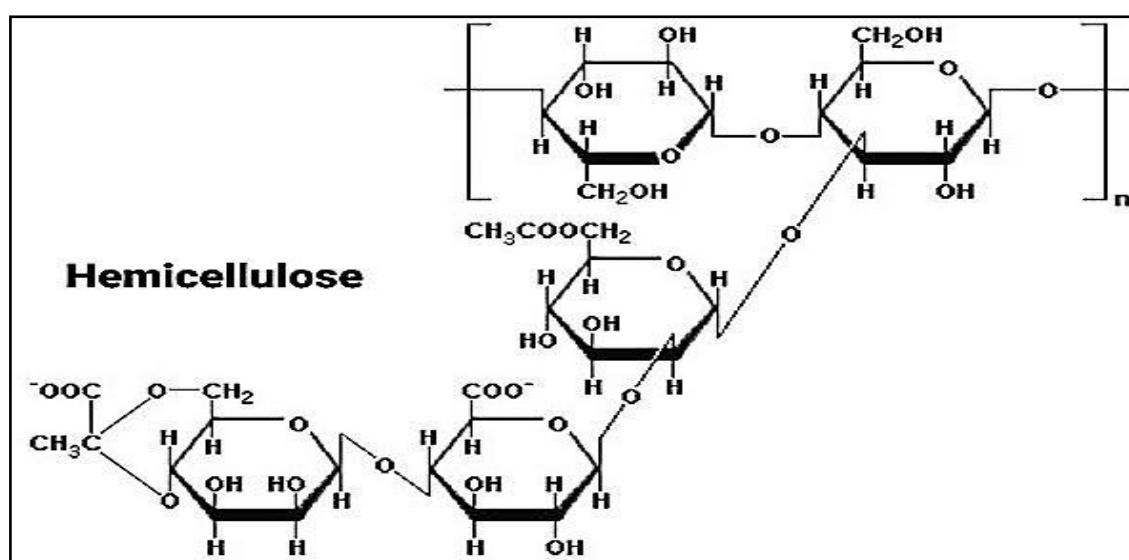


Figure 03.- Hémicellulose de *Borassus flabellifer* Linn (SELVAKUMAR et THANAPPAUL, 2021)

I.2.2.- Polysaccharides de réserve

Ce sont de gros granules stockés dans le cytoplasme de la cellule. Des exemples de polysaccharides sont stockés dans les plantes sous forme d'amidon, des fructanes et des galactomannanes (USMAN *et al.*, 2017; LIM *et al.*, 2021).

I.2.2.1.- Amidon

L'amidon (fig. 04), un homopolysaccharide, est le glucide digestible le plus important dans la nutrition humaine (FERREIRA *et al.*, 2020). Il est constitué d'unités de glucose, qui forment des chaînes linéaires d'amylose liées par des liaisons α -(1→4) et des chaînes ramifiées

d'amylopectine liées à l'amylose par des liaisons α -(1 $\rightarrow$ 6) (PÉREZ et BERTOFT, 2010; DIAZ-MONTES, 2022). L'amidon est le principal glucide stocké dans les plantes vertes, qui est isolé et utilisé comme matière première pour la fabrication de médicaments, de plastiques et de peintures. C'est le polymère naturel le plus étudié car il est biodégradable et le plus abondant dans la nature (CHIVRAC *et al.*, 2010; DIAZ-MONTES, 2022). Il est principalement extrait du maïs. Cependant, il existe des sources alternatives de céréales et de tubercules tels que le riz, le blé, le manioc et l'igname. Ses propriétés comprennent également la viscosité, la rétention d'eau et la formation de gel (DIAZ-MONTES, 2022).

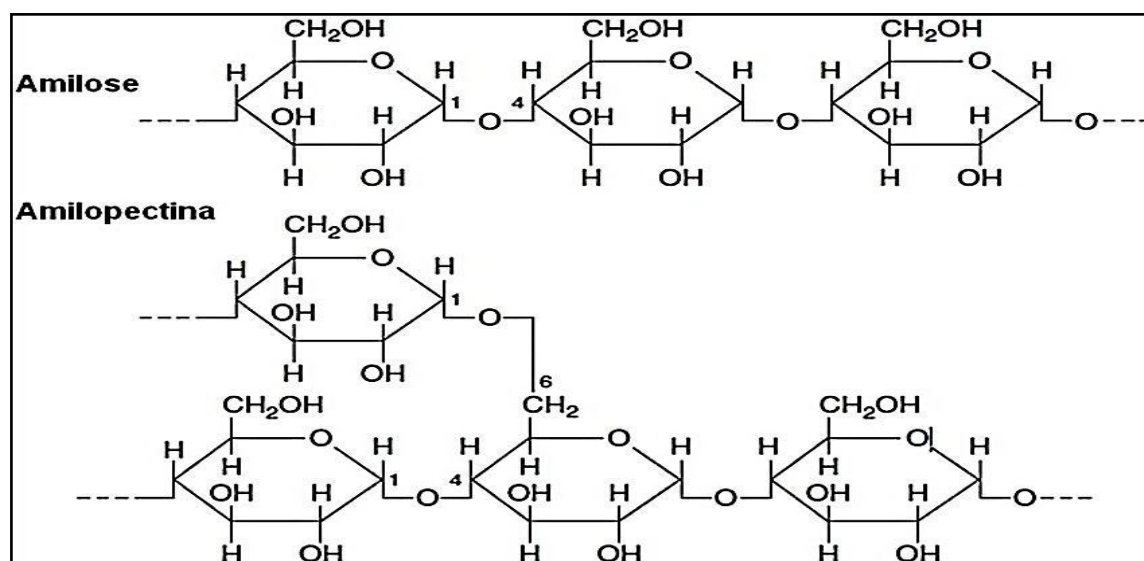


Figure 04.- Amylose et amyloptine (BEWLEY *et al.*, 2012; DE TASSO MOREIRA RIBEIRO, 2014).

I.2.2.2.- Fructanes

Les fructanes (fig. 05) sont des polysaccharides hydrosolubles stockeur d'énergie dans les plantes (ENDE, 2013; YOSHIDA, 2021). C'est une importante famille de fibres alimentaires que l'on trouve dans les parois cellulaires des bactéries, des champignons et des angiospermes (PEREZ-LOPEZ et SIMPSON, 2020; OERLEMANS *et al.*, 2021; FERNANDEZ-LAINEZ *et al.*, 2022).

Les fructanes sont constitués des résidus d'unités de glucose et de fructose (ACKERMAN *et al.*, 2017; FERNANDEZ-LAINEZ *et al.*, 2022). Ses compositions dépend du métabolisme présent dans la plante dont ils sont extraits (VERSLUYS *et al.*, 2018). Les fructanes peuvent être classés en plusieurs groupes selon le type de liaison glycosidique. Les inulines sont le premier type de fructanes, ayant une structure linéaire constituées de liaisons β -(2 $\rightarrow$ 1) (ZHANG *et al.*,

2021; FERNANDEZ-LAINEZ *et al.*, 2022). Les inulines ont un degré de polymérisation allant de moins de 10 à 200 avec une moyenne de 12 unités par chaîne (RAHUL *et al.*, 2015; ACKERMAN *et al.*, 2017). Les lévanes, le deuxième type de fructane, ont une structure similaire aux inulines, mais diffère par le type de liaison glycosidique β -(2 $\rightarrow$ 6). Il existe également les chaînes contenant une molécule centrale de saccharose liée aux chaînes de fructose par des liaisons β -(2 $\rightarrow$ 6) (ACKERMAN *et al.*, 2017; FERNANDEZ-LAINEZ *et al.*, 2022). La teneur en fructane est associée à la tolérance au gel et à la résistance à la moisissure des neiges de la plante (YOSHIDA, 2021). Les graminanes présentent le troisième type de fructanes qui sont constitué d'un mélange de liaisons β -(2 $\rightarrow$ 1) et β -(2 $\rightarrow$ 6) et une structure ramifiée. Les fructanes sont largement considérés comme des glucides non digestibles (FERNANDEZ-LAINEZ *et al.*, 2022).

Les fructanes de type graminanes (GTF), isolés de l'*Agave tequilana*, sont utilisés comme prébiotiques dans les préparations alimentaires des nourrissons (LOPEZ-VELAZQUEZ *et al.*, 2015). D'autre part, les fructanes de type inuline (ITF) sont bien connus pour leurs bienfaits métaboliques et immunitaires (impliqués dans la réponse immunitaire contre les micro-organismes pathogènes) (VOGT *et al.*, 2013), et ceux isolés de *Cichorium intybus* (chicorée), sont utilisés en Europe comme complément alimentaire (FERNANDEZ-LAINEZ *et al.*, 2022).

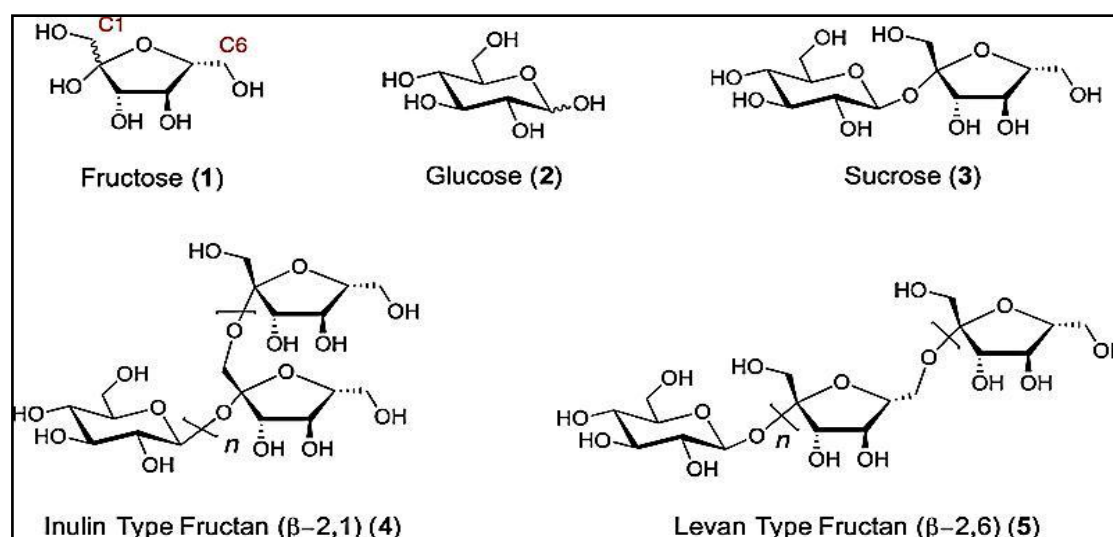


Figure 05.- Fructane et leurs éléments constitutifs communs (ACKERMAN *et al.*, 2017)

I.2.2.3.- Galactomannanes

Les galactomannanes (fig. 06) sont des polysaccharides hétérogènes (DOS SANTOS *et al.*, 2015; YADAV et MAITI, 2020; GERONÇO *et al.*, 2021), extractibles à partir de

microorganismes (champignons et levures), mais la grande majorité se trouve dans les plantes (PRAJAPATI *et al.*, 2013; GERONÇO *et al.*, 2021), sous forme de stockage pariétal des cellules de l'endosperme dans les graines de plus de 70 espèces de la famille des légumineuses (GIDLEY et REID, 2006; YADAV et MAITI, 2020), avec des différences du rapport galactose/mannose, de poids moléculaire et de distribution des chaînes latérales de galactose dans la chaîne principale (ALMEIDA *et al.*, 2015; PONZINI *et al.*, 2019; GERONÇO *et al.*, 2021).

Ils sont constitués des chaînes principales d'unités mannose liées par des liaisons β -(1 $\rightarrow$ 4)-glycosidiques et d'unités latérales de galactose liées au mannose par des liaisons α -(1 $\rightarrow$ 6)-glycosidiques (FONTAINE et LATGE, 2020; YADAV et MAITI, 2020; GERONÇO *et al.*, 2021). Les galactomannanes existent dans la cellule au niveau de la membrane plasmique liée par une ancre inositolphosphocéramide, de la paroi cellulaire où le galactomannane est lié au β -(1 $\rightarrow$ 3)-glucane, et sécrété sous forme de polymère libre (FONTAINE et LATGE, 2020).

Les galactomannanes ont reçu beaucoup d'attention, car ils ont une structure simple et peuvent être obtenus sous sa forme pure, avec un rendement élevé, par extraction aqueuse (CHRESTANI *et al.*, 2009; DE PADUA *et al.*, 2017; GERONÇO *et al.*, 2021). Parce que les galactomannanes sont une ressource végétale abondante, non ionique, biocompatible, non toxique, biodégradable et soluble dans l'eau à différentes températures (YADAV et MAITI, 2020; GERONÇO *et al.*, 2021), ils sont largement utilisés dans les industries pharmaceutiques, l'industrie alimentaire comme fournisseur de viscosité et d'épaississants, et la cosmétique comme excellents matériaux renforçant et stabilisant pour les émulsions. Certains de ses dérivés ont montré de nombreuses activités pharmacologiques tels que antiviraux, anticoagulants, chimio-préventifs, anticancéreux et antioxydants (DOS SANTOS *et al.*, 2015; GERONÇO *et al.*, 2021).

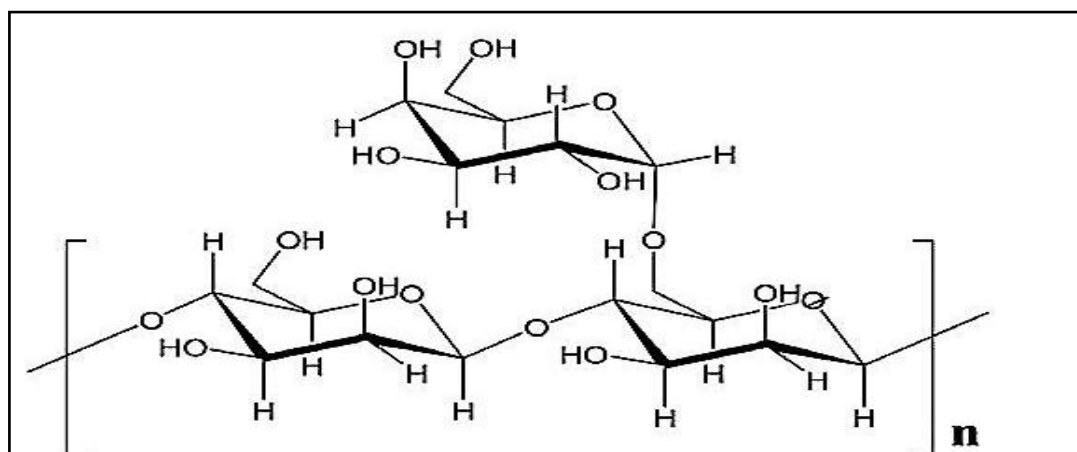


Figure 06.- Unité principale des galactomannanes (SELVAKUMAR et THANAPPAUL, 2020)

I.2.2.4.- Exsudats et mucilages

I.2.2.4.1.- Gommages

Les gommages sont des polysaccharides, solubles dans l'eau (RAOUI *et al.*, 2019; LORENC *et al.*, 2022), tout comme les sécrétions des gommages d'arbres (gomme arabique et gomme karaya) et les gommages de graines (gomme de guar, gomme de caroube, gomme de tara et gomme de tamarin) (WILLIAMS et PHILLIPS, 2009; LORENC *et al.*, 2022). Les gommages sont communs dans la famille des Fabaceae et la famille des Rosaceae (HASSAN *et al.*, 2015).

La formation de la gomme est un phénomène naturel qui se produit dans les tissus végétaux (BOUAZIZ *et al.*, 2016), à la suite d'un processus appelé gommose, où ils se produisent spontanément des fissures naturelles ou artificielles sur l'écorce ou les racines dues à la détérioration des composants de la paroi cellulaire, en particulier la cellulose, ou à la suite d'une attaque bactérienne (REZAEI, 2016; INAMUDDIN *et al.*, 2021).

Les gommages naturelles sont principalement utilisées dans les aliments comme stabilisants, épaississants, gélifiants et agents d'enrobage (MIRHOSSEINI et AMID, 2012). Elles sont également utilisées dans des préparations pharmaceutiques et médicales telle que la gomme de graines de Lin qui possède des activités antioxydantes (VIERIRA *et al.*, 2019; SAFDAR *et al.*, 2020), anti-obésité (LUO *et al.*, 2018), anti-cholestérol et antidiabétique (THAKUR *et al.*, 2009).

I.2.2.4.2.- Mucilages

Les mucilages sont des polymères visqueux (MANHIVI *et al.*, 2018) qui forment un complexe de composés bioactifs (NHARINGO et MOYO, 2016). C'est une substance gélatineuse d'origine naturelle et de haut poids moléculaire (BASIRI *et al.*, 2018). Il est produit par les graines, les feuilles et d'autres parties de la plante (HASSAN *et al.*, 2015), et est sécrété par le chlorenchyme et du parenchyme (SÁENZ *et al.*, 2004). Le mucilage est principalement constitué de pectine (de nature acide), d'arabinose (de nature neutre), de galactose et de xylose...etc (CUI, 1994; SOUKOULIS *et al.*, 2018). Le rôle physiologique dans la production de gels (à l'extérieur de la cellule), est associé avec la capacité à lier et à maintenir l'eau dans des conditions climatiques défavorables, en formant un réseau moléculaire (DI LORENZO *et al.*, 2017). Ils possèdent également des activités antioxydantes (NHARINGO et MOYO, 2016). Certaines des espèces productives des mucilages sont utilisées comme épaississant, super

plastifiant dans la nature (FELKAI-HADDACHE *et al.*, 2016), et comme catalyseur d'infiltration des sols (ADJEROUD *et al.*, 2015). De plus, ils sont également utilisés comme biomatériaux durables pour développer des films comestibles (GHERIBI *et al.*, 2018).

I.3.- Polysaccharides animaux

Les polysaccharides animaux appartiennent à la famille des glycosaminoglycane (GAG) et sont issus des protéoglycanes, avec des poids moléculaires qui varient entre 10 à 100 KDa (NERÉE, 2016). Ces polymères sont soit impliqués dans la structure des tissus conjonctifs (hyaluronanes, dermatanes sulfates et chondroïtines), soit dans des mécanismes de communications cellulaires via leurs propriétés fonctionnelles (héparines et héparanes sulfate). Ces polymères sont constitués de résidus neutres (glycosamine) et acides (acide glucuronique et/ou acide iduronique) plus ou moins sulfatés, unis par des liaisons glycosidiques de type α -(1 $\rightarrow$ 4), β -(1 $\rightarrow$ 4) ou β -(1 $\rightarrow$ 3). L'héparine est un polymère fortement lié aux protéines formant ainsi un protéoglycane à l'état natif. Il s'agit d'une molécule à activité anticoagulante immédiate. Il est utilisé dans le traitement curatif et préventif des maladies thromboemboliques (BOUAL, 2009).

I.3.1.- Glycogène

Le glycogène (fig. 07) est un polysaccharide à structure fortement ramifiée (WILSON *et al.*, 2010; BLECHER-BARDELETTI *et al.*, 2014; LIU *et al.*, 2021b). Il est constitué d'une première chaîne linéaire reliée entre elles par des liaisons glycosidiques α -(1 $\rightarrow$ 4), et d'une chaîne ramifiée dont les ramifications apparaissent tous les 4 à 10 résidus glucose reliés à la chaîne linéaire par des liaisons α -(1 $\rightarrow$ 6) (BLECHER-BARDELETTI *et al.*, 2014; LIU *et al.*, 2021b).

La structure des molécules de glycogène peut être divisée en trois parties, dont la première couche est constituée d'oligomères à chaîne courte, de forte densité, d'un diamètre d'environ 3 nanomètres (PRATS *et al.*, 2018; LI et HU, 2020). Le second niveau qui est constitué de particules sphériques d'un diamètre moyen de 20 nm. De plus, le troisième niveau est constitué de grosses particules alpha en forme de rosette regroupées, d'un diamètre d'environ 300 nanomètres (LI et HU, 2020).

Le glycogène joue un rôle essentiel dans plusieurs fonctions très importantes, comme le réserve d'énergie principalement dans le foie (TESTONI *et al.*, 2017; LIU *et al.*, 2021b), l'homéostasie de la glycémie (LIU *et al.*, 2021b), le maintien de la glycémie et du pH

(MIRMONSEF *et al.*, 2014; LIU *et al.*, 2021b) et contre la progression tumorale (ZHANG *et al.*, 2020).

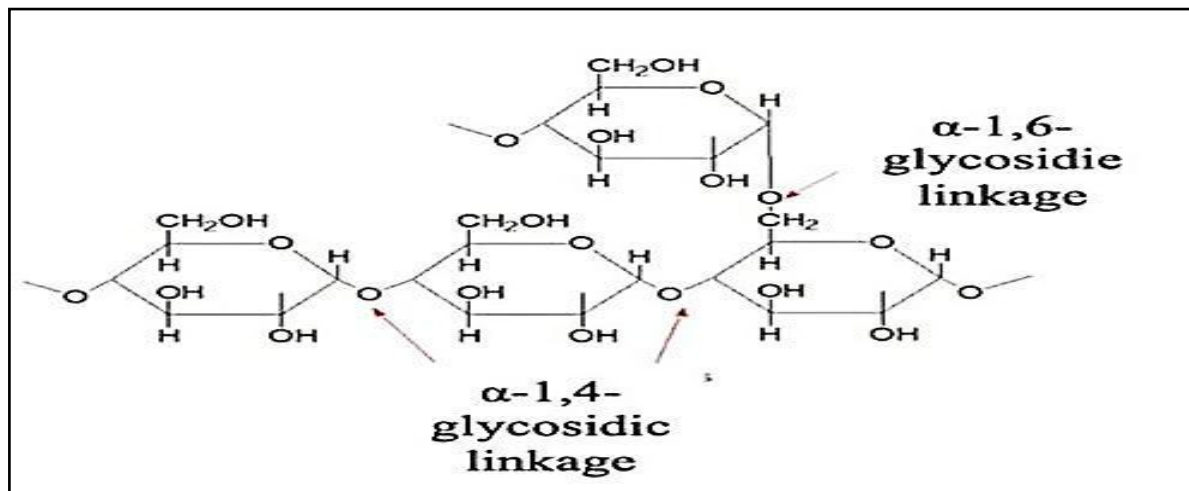


Figure 07.- Liaisons osidiques du glycogène (LIU *et al.*, 2021b)

I.3.2.- Kératane sulfate

Le sulfate de kératane (fig. 08) est un glycosaminoglycane présent dans la matrice extracellulaire des tissus (cornée, cartilage, os). Il est constitué d'une chaîne principale de poly-N-acétyllactosamine soufrée. Sa structure est formée par une alternance d'unités β -galactose liées en position 3 et de N-acétyl- β -glucosamine liées en position 4. Bien que les deux unités puissent contenir un groupe soufre sur O-6, cette modification se produit plus souvent dans les unités N-acétyl- β -glucosamine. Le sulfate de kératane est le seul type de glycosaminoglycane qui ne porte pas de résidus acides tels que l'acide glucuronique ou l'acide iduronique couramment observés dans le chondroïtine sulfate (POMIN, 2015).

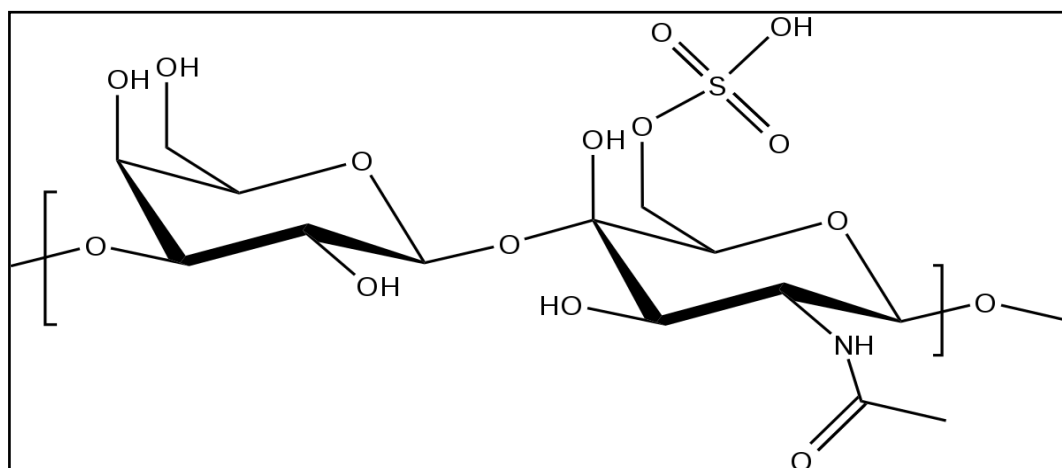


Figure 08.- Unité principale de Kératane sulfate (SUH et MATTHEW, 2000)

I.3.3.- Chitosane

Structurellement, le chitosane (fig. 09) est un polysaccharide linéaire constitué de résidus β -(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucosamine avec un nombre variable de groupes N-acétyl-glucosamine distribués de manière aléatoire (SUH et MATTHEW, 2000). Il est extrait essentiellement à partir de la carapace des crustacés (principalement crevette et crabes), comme on le retrouve aussi dans les parois cellulaires de champignons et de nombreuses algues (PERCHERON *et al.*, 1981; HENNEN, 2006; MOUSSARD, 2006; YVES, 2008; CRINI *et al.*, 2009).

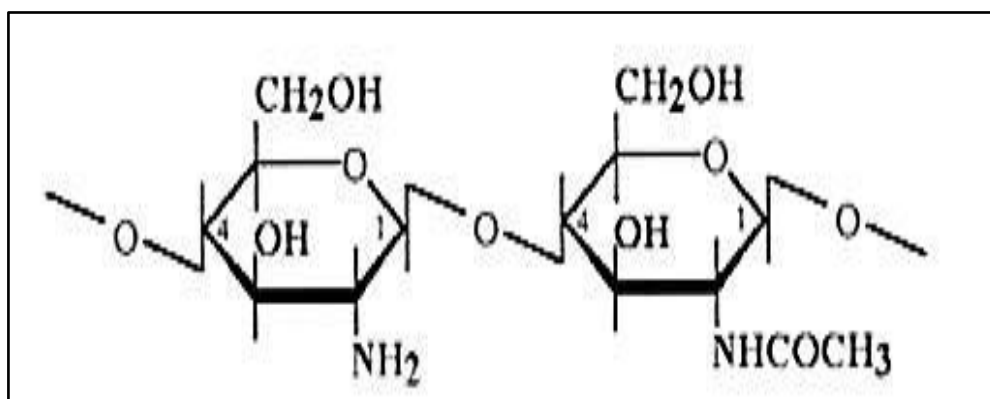


Figure 09.- Chitosane des exosquelettes des arthropodes (FRANCIS SUH et MATTHEW, 2000)

I.3.4.- Héparine

L'héparine (fig. 10) est un polysaccharide linéaire hautement sulfaté contenant principalement une unité disaccharidique répétée (α -D-glucosamine en alternance avec de l'acide α -L-iduronique) (SOUSA *et al.*, 2015). Il est retrouvé dans des grains de sécrétion de cellules présentes à la surface vasculaire et abondante dans les poumons le foie et la peau (HENNEN, 2006).

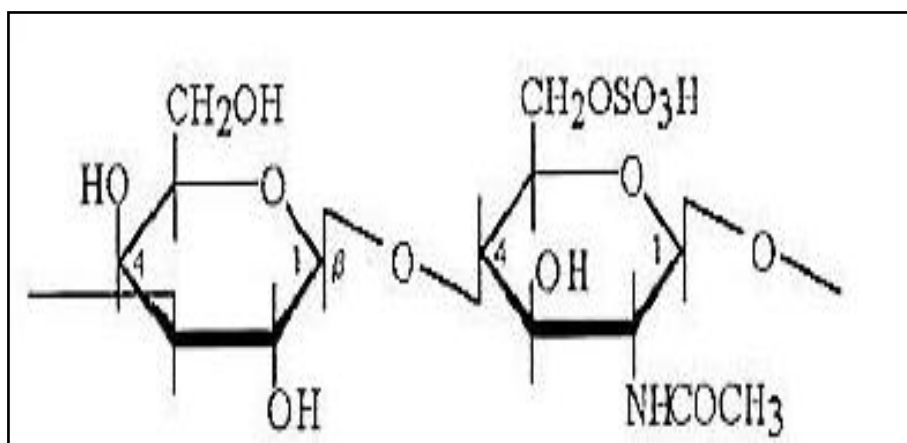


Figure 10.- Unité disaccharidique principale de l'héparine (MALLEDAN, 2017)

I.4.- Polysaccharides bactériens et fongiques

Les bactéries et les champignons sont une source riche pour la production de glucides dans la nature, où les bactéries produisent plusieurs polysaccharides en fonction de leur emplacement cellulaire. En effet, il est noté des polysaccharides de réserve dans le cytoplasme, et des polysaccharides qui forment la paroi. De même, il existe plusieurs grandes familles de polysaccharides bactériens et fongiques identifiées, dont les lipopolysaccharides (LPS), les exopolysaccharides (EPS); polysaccharides capsulaires (CPS), les peptidoglycanes et les acides teichoïques (SINGH *et al.*, 2015, ULLAH *et al.*, 2019).

I.4.1.- Dextranes

Ce sont des polymères de glucose à longue chaîne dont les chaînes principales sont constituées d'unités D-glucopyranose avec des liaisons α -(1→6) (fig. 11). D'autres chaînes latérales peuvent également porter des -D-glucanes avec des liaisons α -(1→2), α -(1→3) ou α -(1→4). Sa structure dépend des types de bactéries lactiques telles que *Leuconostoc* et *Mesenteroides* ... etc. (HEINZE *et al.*, 2006; CALIGUR, 2008; ZOHRA *et al.*, 2013; NACHER-VAZQUEZ *et al.*, 2015).

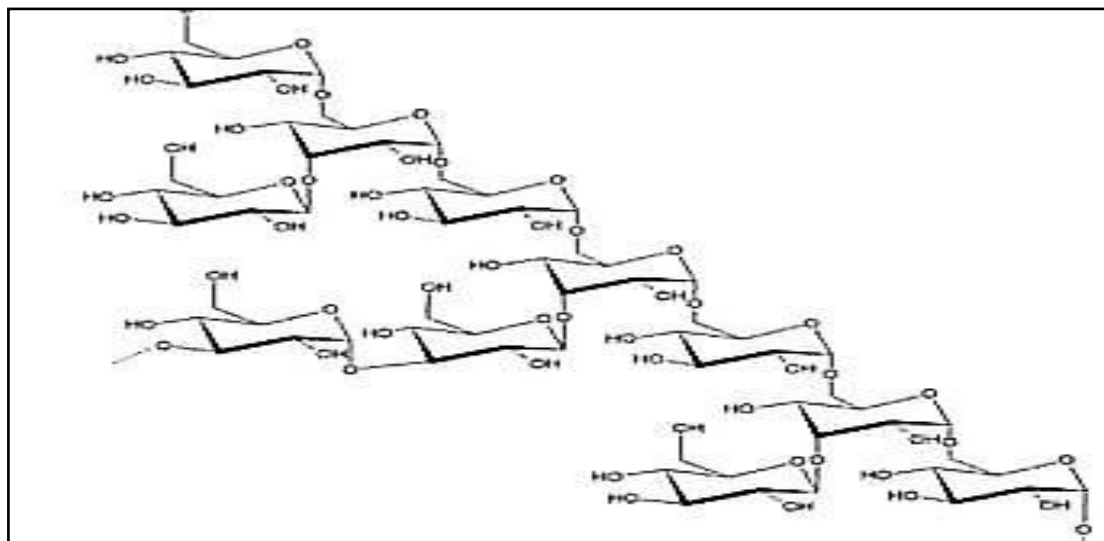


Figure 11.- Dextrane de *Streptococcus* (PLESZCZYNSKA *et al.*, 2015)

I.4.2.- Xanthane

C'est un exopolysaccharide hydrosoluble produit par la bactérie *Xanthomonas campestris* (Pseudomonaceae). Il est composé d'une série d'unités saccharidiques à cinq répétitions de D-

mannose et de D-glucuronate (LETISSE et LINDLEM, 2000; PALANIRAJ et JAYARAMAN, 2011).

I.4.3.- Pullulane

C'est un exopolysaccharide soluble dans l'eau produit par *Aureobasidium pullulans* (Dothideaceae) à une formule de $(C_6H_{12}O_5)_n$. Il est composé de maltose constitué de trois unités de glucopyranoses liés par une liaison α -(1→4), avec des liaisons α -(6→1) entre les unités de maltose (fig. 12) (LOTRAKUL *et al.*, 2009; COVIS, 2011; SOOD *et al.*, 2021). Il présente une structure intermédiaire entre les dextrans et l'amylose. Le pullulane décompose à une température de 250°C (SINGH *et al.*, 2015; SOOD *et al.*, 2021).

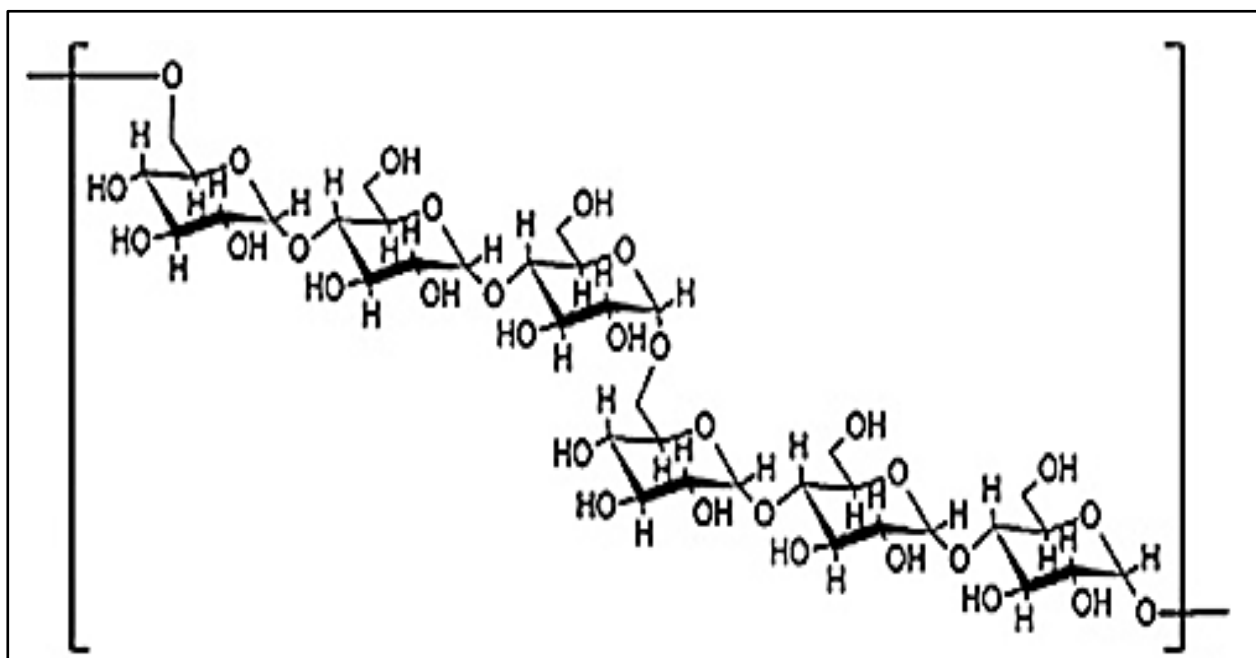


Figure 12.- Unité principale de Pullulane (SOOD *et al.*, 2021)

I.4.4.- Lentinane

Le lentinane (fig. 13) appartient à la famille des β -glucanes. Il possède un poids moléculaire variant entre 600 et 1400 KDa avec des liaisons de β -(1→3) et β -(1→6). Plusieurs types de polysaccharides de type β -glucanes extraits de divers champignons (Basidiomycètes, Ganoderma lucidum, Grifola frondosa, Trametes versicolor) ont montré une activité anti-tumorale, activité anticancéreuse et une activité immunostimulante (DIALLO, 2019; MERY, 2019; ULLAH *et al.*, 2019).

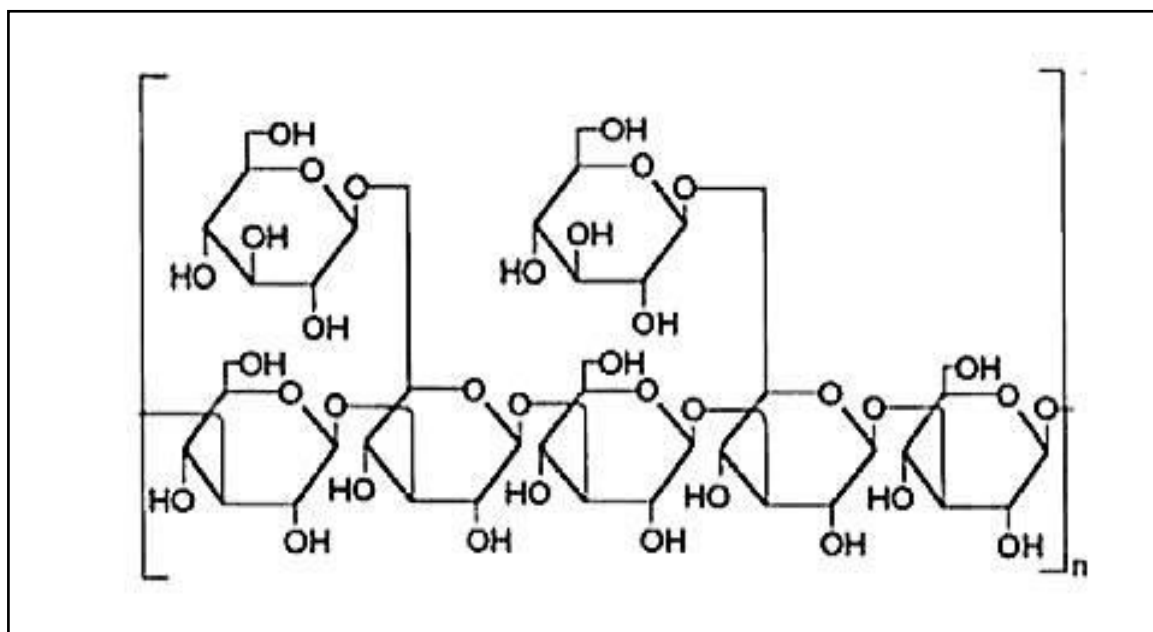


Figure 13.- Unité principale des lentinanes (MERY, 2019)

I.5.- Polysaccharides d'algues

Les polysaccharides d'algues sont principalement présents dans les parois cellulaires des algues en tant que composés structuraux. Des études ont démontré que leur structure et leur composition sont importantes pour leurs activités sur une voie de signalisation qui régule la défense des cellules algales d'organismes unicellulaires ou des tissus végétaux d'algues multicellulaires contre l'environnement (PATRON et KEELING, 2005; JAULNEAU *et al.*, 2010; AQUINO *et al.*, 2011; RODRIGUEZ *et al.*, 2012).

Les polysaccharides structuraux ont une fonction majeure de protection des cellules et des tissus des algues. Il est évident que les polysaccharides structuraux des algues forment divers mélanges de composés hétérogènes avec des polysaccharides ramifiés et soufrés, des protéines et des ions inorganiques, tels que le calcium et le potassium (MIŠURCOVÁA *et al.*, 2014).

Les polysaccharides sulfatés ont les activités biologiques les plus importantes. On les retrouve dans tous les groupes d'algues rouges, vertes et brunes contrairement aux plantes terrestres. Les polysaccharides sulfatés d'algues portent souvent le nom d'espèces d'algues, telles que le spirulane, le furcellarane, l'ulvane, le fucane, ... etc. En général, les polysaccharides sulfatés, ou glycosaminoglycane naturels, sont une classe de composés qui contiennent des groupes sulfates semi-esters dans le résidu osidique (SHANMUGAM et MODY, 2000).

I.5.1.- Carraghénanes

Les carraghénanes (fig. 14) sont un groupe de galactanes sulfatés extraits d'algues marines rouges. Il est composé d'unités D-galactose constituées de β -D-galactose lié en (1 $\rightarrow$ 3) et d' α -D-galactose lié en (1 $\rightarrow$ 4) (AHMED *et al.*, 2014; SHAFIE *et al.*, 2022). De sorte qu'il est divisé en six types distincts qui sont kappa (κ), iota (ι), lambda (λ), mu (μ), nu (ν) et thêta (Θ) carraghénane (SHAFIE *et al.*, 2022). Ils jouent un rôle vital en raison de leurs activités antioxydante, antimicrobienne et a la capacité de protéger contre la lumière du soleil (SEBAALY *et al.*, 2014; KIM *et al.*, 2018; HA *et al.*, 2022; SHAFIE *et al.*, 2022).

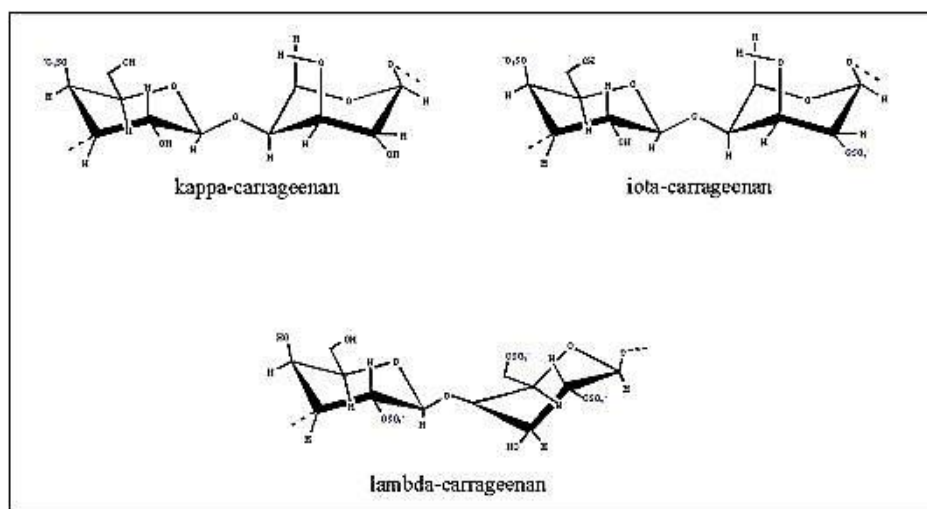


Figure 14.- Carraghénanes kappa, iota et lambda (ALI et AHMED, 2018; SHAFIE *et al.*, 2022)

I.5.2.- Fucoïdanes

Les fucoïdanes (fig. 15) sont des polysaccharides désoxygénés (WIJESINGHE et JEON, 2012; ANISHA *et al.*, 2022) composés de fucose ($C_6H_{12}O_5$) comme unité principale. La quantité de L-fucose dans les fucoïdanes dépasse les autres monosaccharides à un taux de 90% de composants osidiques totaux (ZAYED *et al.*, 2020; ANISHA *et al.*, 2022). D'autres monosaccharides présents dans les fucoïdanes comprennent des proportions variables d'acide uronique, de galactose, de glucose, de xylose, de mannose, de rhamnose et d'arabinose (WIJESINGHE et JEON, 2012; LUTHULI *et al.*, 2019; YU *et al.*, 2021; ANISHA *et al.*, 2022).

Il existe deux types structurels de fucoïdanes, dont le type I constitué des unités répétées de α -(1 $\rightarrow$ 3)-L-fucopyranose et le type II constitué des unités répétées alternatives de α -(1 $\rightarrow$ 3) et α -(1 $\rightarrow$ 4) lié à L-fucopyranose (Fig.15) (LUTHULI *et al.*, 2019; USOLTSEVA *et al.*, 2019; GOTTELAND *et al.*, 2020; YU *et al.*, 2021; ANISHA *et al.*, 2022). Les groupes sulfates des

fucoïdanes de type I sont situés aux positions C₂ et C₄, tandis que les fucoïdanes de type II sont aux positions C₂, C₃ et C₄ (USOLTSEVA *et al.*, 2019; GOTTELAND *et al.*, 2020; ANISHA *et al.*, 2022). De nombreux représentants des algues des ordres Chordariales et Laminariales contiennent du fucoïdane de type I, tandis que ceux appartenant à l'ordre des Fucales contiennent du fucoïdane de type II (CHEVOLOT *et al.*, 2001; BILAN *et al.*, 2002; BILAN *et al.*, 2004; ALE *et al.*, 2011; SILCHENKO *et al.*, 2017; ANISHA *et al.*, 2022).

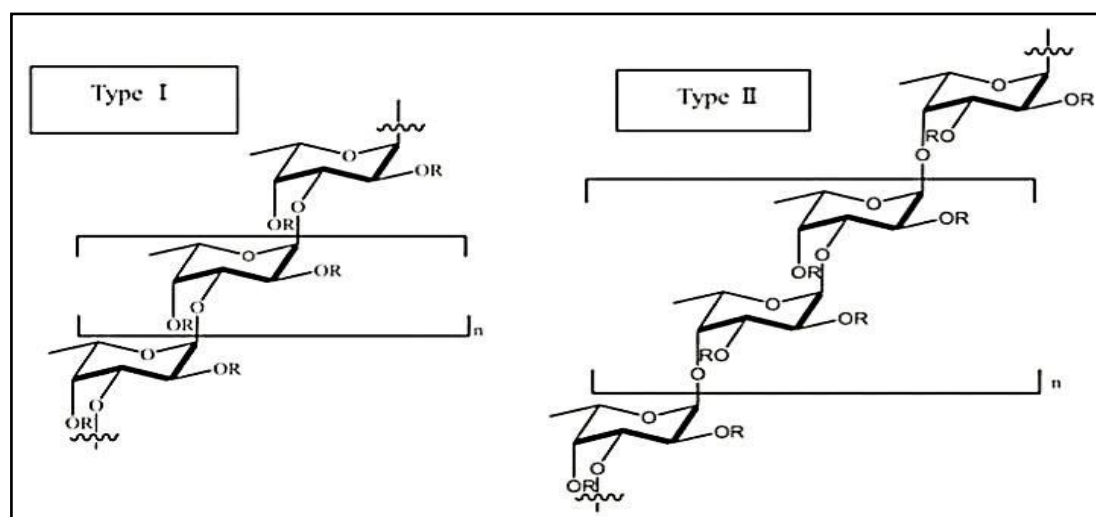


Figure 15.- Fucoïdane de type I et fucoïdane de type II (LUTHULI *et al.*, 2019; ANISHA *et al.*, 2022).

I.5.3- Ulvanes

La matrice de la paroi cellulaire des algues vertes contient un composé hétéropolysaccharidiques à haute teneur en soufre appelés ulvanes, dont les molécules sont composées de différents résidus osidiques selon l'espèce. Ces polysaccharides sont produits par les sous-espèces principalement de l'ordre des Ulvales (*Ulva* et *Enteromorpha* sp). Les ulvanes sont des polysaccharides solubles dans l'eau constitués principalement de rhamnose, de xylose, d'acides iduronique et glucuronique et de groupes sulfate. Le résidu de rhamnose attaché aux acides uroniques qui conduit à la répétition de l'unité polysaccharidique β -D-glucuronosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- α -L-rhamnose 3-sulfate, est appelé acide aldoboronique (LAHAYE *et al.*, 1997; JAULNEAU *et al.*, 2010; MIŠURCOVÁA *et al.*, 2014). D'autres monosaccharides neutres tels que le xylose, le mannose, le galactose et le glucose sont également impliqués dans la formation de polysaccharides dans les algues vertes à des degrés divers (SHANMUGAM *et al.*, 2002; MAO *et al.*, 2006; ZHANG *et al.*, 2008; MAO *et al.*, 2009; MIŠURCOVÁA *et al.*, 2014).

I.6.- Activités biologiques des polysaccharides

La diversité structurale des polysaccharides confère à leurs macromolécules de nombreuses activités biologiques, quelle que soit leur origine (animale, végétale ou microbienne) (COLLIEC-JOUAULT *et al.*, 2004; MAYOU *et. al.*, 2018). Ils sont impliqués dans le contrôle de l'activité cellulaire (prolifération, différenciation, adhésion et migration) mais aussi dans l'activité de nombreuses enzymes grâce à leurs propriétés régulatrices et d'interaction (COLLIEC-JOUAULT *et al.*, 2004).

Les polysaccharides extraits de plantes médicinales ont retenu l'attention des chercheurs en raison des activités biologiques très importantes qu'ils véhiculent, telles que l'activité antioxydante, l'activité antidiabétique et l'activité anti-inflammatoire (MAYOU *et. al.*, 2018).

I.6.1.- Activité antioxydante

De nombreuses maladies résultent du stress oxydatif, notamment l'athérosclérose, le diabète, la néphrite et le cancer (ZHANG *et al.*, 2019). L'activité antioxydante est l'un des paramètres les plus importants dans le développement et le traitement des médicaments (ALAM *et al.*, 2013). Des études ont également montré que les polysaccharides antioxydants extraits de plantes, de champignons et d'algues jouent un rôle important en tant que piègeurs de radicaux libres et antioxydants pour prévenir les dommages oxydatifs dans les organismes. De plus, certains polysaccharides peuvent inhiber la peroxydation des lipides, ce qui peut prévenir les troubles cardiovasculaires et les maladies cérébrovasculaires (YU *et al.*, 2018).

Les réactions radicalaires sont omniprésentes chez les êtres vivants, et sont impliquées plus ou moins directement dans la reproduction, la modification des gènes et la défense contre les maladies (GUILLOUTY, 2016). Les espèces réactives de l'oxygène (ERO) comprennent les radicaux libres et les espèces non-radicalaires. Les radicaux libres sont des molécules caractérisées par la possession d'un électron non apparié qui essaie constamment de trouver un homologue (le superoxyde, l'oxyde nitrique et le radical hydroxyle ($\text{OH}^\bullet$)), les oxydants non-radicalaires comme le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) forment ultérieurement des radicaux libres dans les tissus par diverses réactions chimiques. La plupart des ERO sont produites par les cellules pendant le métabolisme. Ils peuvent également être produits par des sources exogènes comme la pollution, le soleil, le tabac ...etc. La surproduction de radicaux libres conduit à un stress oxydatif, un processus délétère qui peut causer des dommages aux structures cellulaires, y

compris les lipides, les protéines et l'ADN, ce qui peut être la cause de plusieurs maladies courantes et des maladies dégénératives liées à l'âge (SAYED AHMED, 2018).

Les antioxydants se définirent comme des substances capables de protéger l'organisme contre les effets du stress oxydatif (OUIBRAHIM, 2015). L'industrie alimentaire reconnaît de plus en plus l'importance des antioxydants dans la conception de nouveaux aliments fonctionnels à valeur ajoutée. Ces antioxydants alimentaires non seulement aident à prévenir les maladies dégénératives liées aux radicaux libres, mais aussi à améliorer la durée de conservation des aliments fonctionnels (PETERA, 2016). Pour déterminer l'effet antioxydant potentiel d'un composé, d'un extrait ou d'une autre source biologique, il est employé le test de piégeage des radicaux libres DPPH (diphénylpicrylhydrazyle) qui est un radical libre stable avec un électron non apparié sur un atome d'azote (DAHMANE *et al.*, 2017).

Des études ont montré que le fucoïdane extrait de *Turbinaria decurrens* réduit les niveaux de malondialdéhyde (MDA), augmente les niveaux de GSH et d'enzymes antioxydants (SOD, CAT et GPx) dans le foie induit par l'alcool. Il réduit également l'expression de l'ARNm de TNF- α , IL-1 β et MMP-2 pour inhiber la production de ROS dans le foie, ce qui entraîne une réduction de la progression de la stéatose hépatique non alcoolique. Aussi, le fucoïdane issu d'algues brunes a la capacité de réduire les effets du stress oxydatif en inhibant le malondialdéhyde et la superoxyde dismutase (HEEBA et MORSY, 2015; ZHONG *et al.*, 2019).

I.6.2.- Activité antiinflammatoire

L'inflammation ou réaction inflammatoire est une réaction physiologique à une lésion tissulaire ou à un traumatisme chirurgical (RJEIBI *et al.*, 2019). L'inflammation est la réponse défensive vitale déclenchée par le système immunitaire (XUE *et al.*, 2018) contre diverses agressions qui peuvent être d'origine physique, chimique, biologique. Le processus inflammatoire comprend l'activation des phagocytes conduisant à la libération de médiateurs chimiques tels que les prostaglandines, le facteur de nécrose tumorale et les interleukines (SHEHATA *et al.*, 2018).

Le traitement actuel de l'inflammation fait appel aux anti-inflammatoires stéroïdiens (glucocorticoïdes) et non stéroïdiens comme l'aspirine (DOMIATI *et al.*, 2016). Ces molécules, bien qu'étant efficaces, présentent le plus souvent des effets indésirables qui peuvent gêner leur utilisation au long cours (NDIAYE *et al.*, 2006). L'activité anti-inflammatoire des polysaccharides est principalement due à l'inhibition de l'expression des chimiokines, des

facteurs d'adhésion et d'activité d'enzymes clés dans le processus inflammatoire (CHEN *et al.*, 2019). Certains polysaccharides ont un effet inhibiteur sur les médiateurs liés à l'inflammation, tels que les cytokines (IL-1b, IL-6, TNF- α) et NO (monoxyde d'azote), et ont diminué l'infiltration des cellules inflammatoires (KAN *et al.*, 2020; AIMAN *et al.*, 2021).

Les remèdes traditionnels à base de plantes ont attiré l'attention en tant que sources alternatives possibles pour le traitement de nombreuses maladies, en raison de leurs activités pharmacologiques (antioxydantes, anti inflammatoires, anti tumorales ... etc), moins d'effets secondaires et une efficacité améliorée par rapport à leurs homologues synthétiques (CHEN *et al.*, 2019; EL-SABER *et al.*, 2020). Il est signé que l'extrait de polysaccharides d'Astragale avait un effet anti inflammatoire significatif sur le traitement de la glomérulonéphrite, produit par l'albumine de sérum bovin cationique (CBSA), en réduisant le taux de toutes les cytokines. Il est également indiqué des effets thérapeutiques sur l'arthrite causée par l'Arthrite induite par adjuvant (AA) en réduisant l'accumulation et la concentration de IL-1 et TNF-1 dans le sérum (CHOUANA, 2017). De plus, les extraits polysaccharidiques bruts d'*Anvillea garcinii* Coss. & Durieu (Anv) ont montré une activité anti-inflammatoire pour le traitement du rhume, du diabète et des maladies de l'estomac et du foie souvent associées à des infections en bloquant la production de ROS et la dégranulation des macrophages humains primaires (BOUKEMARA, 2016).

I.6.3.- Activité antidiabétique

Le diabète est l'une des maladies chroniques qui menacent sérieusement la santé humaine. Il est rapporté que les polysaccharides peuvent améliorer les métabolismes du glucose et des lipides et augmenter la sécrétion d'insuline grâce à l'effet protecteur sur les cellules bêta des îlots pancréatiques (YU *et al.*, 2018). C'est un trouble métabolique du système endocrinien, qui se caractérise par une hyperglycémie persistante associée à des anomalies du métabolisme des glucides, des lipides et des protéines en entraînant des complications chroniques (BISHT *et al.*, 2013).

Le diabète peut être classé en diabète sucré de type 1, diabète sucré de type 2 et diabète gestationnel, dans lequel le diabète sucré de type 2 représente plus de 95 % avec l'incidence la plus élevée (APOSTOLODIS *et al.*, 2011). Des études ont montré que les polysaccharides ont une variété d'activités biologiques et pharmacologiques telles que des effets immunomodulateurs, anti-tumoraux et hypoglycémiques (YU *et al.*, 2018).

Des études antérieures ont démontré les effets antidiabétiques des polysaccharides dérivés de plusieurs genres, dont les polysaccharides isolés du genre *Astragalus*. Ces polysaccharides ont des effets inhibiteurs sur l' α -glucosidase intestinale qui libère du glucose à partir de substrats tels que le maltose, le saccharose et d'autres oligosaccharides dans l'intestin. Ainsi, l'inhibition de cette enzyme ralentit la production et l'absorption de glucose (ZHU *et al.*, 2014) et peut également réduire les taux de glucose sanguin, de lipides plasmatiques et de microalbuminurie (ZHANG *et al.*, 2007).

I.7.- Aperçu sur le genre *Astragalus*

I.7.1.- Famille de Fabaceae

La grande famille des Fabaceae est connue sous le nom de légumineuses en raison de leur fruit, appelé gousse ou légume (DE WITT, 1963). Ils sont l'une des familles d'angiospermes les plus importantes dans les écosystèmes mondiaux, car ils appartiennent à la troisième plus grande famille de plantes à fleurs après les Compositae et les Orchidaceae (LPWG, 2017; ZHAO *et al.*, 2021). Elle se compose de 770 genres et de plus de 19500 espèces (CHRISTENHUSZ et BYNG, 2016; WILLIS, 2017; ALAMI *et al.*, 2019; RAHMITA *et al.*, 2019; ZHAO *et al.*, 2021 ; WARDANI *et al.*, 2022). Sur la base des caractéristiques des fleurs et des graines, les botanistes ont divisé les Fabaceae en 6 sous-familles, à savoir les Caesalpinioideae (146 genres et 4400 espèces), les Cercidoideae (12 genres et 335 espèces), les Detarioideae (84 genres et 760 espèces), les Dialioideae (17 genres et 85 espèces), Duparquetioideae (1 genre et 1 espèce), et Faboideae ou Papilionoideae (503 genres et 14000 espèces) (GOMES *et al.*, 2018; WARDANI *et al.*, 2022).

La large distribution de Fabaceae contribue à la fois aux écosystèmes tropicaux et tempérés, où on le trouve prédominant sous forme arborescente dans les pays chauds et sous forme herbacée dans les régions tempérées, et comprend de nombreuses espèces économiquement importantes (LEWIS *et al.*, 2005; DUPONT *et al.*, 2007). Cinquante-trois genres et 339 espèces de la famille des Fabaceae sont recensés en Algérie (QUEZEL et SANTA, 1962). Cette famille se caractérise par sa capacité à s'adapter aux conditions climatiques (telles que la sécheresse, la salinité et la dégradation des sols) et est utilisée dans plusieurs domaines, notamment : les plantes ornementales, les plantes médicinales, les couvre-sols, les producteurs de bois, les producteurs d'huiles, les producteurs de gommes, les producteurs colorants naturels, les producteurs de pesticides et les régénération des sols (GRENADE *et al.*, 2015; ALAMI *et al.*, 2019; RAHMITA *et al.*, 2019; ZHAO *et al.*, 2021).

I.7.2.- Genre Astragalus

Le genre *Astragalus* est le plus grand genre de la famille des Fabaceae et la plante à fleurs la plus importante (AZANI *et al.*, 2019), car il comprend environ 2900 espèces réparties dans le monde entier, en particulier dans les régions arides et les régions continentales. Ce sont des plantes éphémères et écologiquement importantes dans les déserts arides et semi-arides, les steppes de montagne et les régions agitées de la Méditerranée, de l'Asie centrale et du sud-ouest de l'Amérique du Nord (ZARRE et AZANI, 2013; GORAI *et al.*, 2016; CHOUANA *et al.*, 2017; ALAMI *et al.*, 2019; AZANI *et al.*, 2019; MAHMOUDI *et al.*, 2020; KURT-CELEP *et al.*, 2021; SARRAF *et al.*, 2021). Environ 50 espèces du genre *Astragalus* sont comptées en Afrique du Nord, dont 15 espèces sont signalées au Sahara (TEYEB *et al.*, 2012; BENFERDIA *et al.*, 2021; BELLEBCIR *et al.*, 2022).

I.7.2.1.- Utilisations du genre Astragalus

Certaines espèces d'*Astragalus* sont couramment utilisées comme fourrage pour les animaux dans les régions arides (RIOS et WATERMAN, 1997; CHOUANA *et al.*, 2017; AMIRI *et al.*, 2020; MAHMOUDI *et al.*, 2020; KURT-CELEP *et al.*, 2021). Les utilisations des espèces du genre *Astragalus* sont nombreuses, à savoir une source de gommes naturelles, de plante ornementale, de cosmétique, d'aromatisant du thé (AMIRI *et al.*, 2020; MAHMUDI *et al.*, 2020), dans les industries alimentaires et comme épaississant commercial (GOLMOHAMMADI, 2013; MAHMOUDI *et al.*, 2020; KURT-CELEP *et al.*, 2021). Ainsi, *A. membranaceus* contribue contre de la diarrhée, de la fatigue, du manque d'appétit, et renforce les poumons. Il est également utilisé en cas de rhumes fréquents et d'essoufflement (SINCLAIR, 1998; KURT-CELEP *et al.*, 2021). De plus, les graines d'*A. armatus* ont une activité immunitaire élevée (BOUAL *et al.*, 2015; MAHMOUDI *et al.*, 2020). De même, les feuilles d'*A. caprinus* sont utilisées en médecine traditionnelle pour traiter les hémorroïdes (SPRENT *et al.*, 2017; VAN WYK, 2019).

I.7.2.2.- *Astragalus gombo* Bunge

C'est une plante vigoureuse, généralement érigée, de couleur claire, résistante aux conditions environnementales difficiles, endémique des zones désertiques, et poussant sur les dunes de sable, plateaux et falaises calcaires rocheux, de 10 à 50 cm de haut (Photo 01). Il porte de grandes feuilles de couleur vert clair sont couverts d'épais poils blancs avec de nombreux groupes de petites folioles. Lorsque les pétioles perdent leurs folioles, ils deviennent coriaces et

barbelés sur les bords. Les fleurs de cette plante sont en papilles jaunes de 25 mm de diamètre, situées en groupes axillaires denses à l'aisselle des feuilles. Ses fruits, appelés gousses avec un diamètre d'environ 1 cm, sont une capsule renflée entièrement divisée en deux parties, avec des écailles à paroi épaisse avec de larges nervures superficielles, entourées de duvet soyeux, se terminant par un bec légèrement long et fort. Là où il pousse et fleurit au printemps, elle est considérée comme une ressource pastorale importante pour certains animaux comme les chameaux (OZENDA, 1977; BENCHELAH *et al.*, 2000; OZENDA, 2004; CHEHMA, 2006; MAARIA, 2015; CHOUANA, 2017).



Photo 01.- *Astragalus gombo* Bunge à Hassi Khalifa, Wilaya d'El Oued (Algérie)

I.7.2.2.1.- Position botanique

La position systématique d'*A. gombo* Bunge selon QUEZEL (1962), OZENDA (1977) et CHEHMA (2006), est la suivante:

Règne	Plantae
Embranchement	Spermatophyta
Sous embranchement	Angiospermae
Classe	Dicotyledonae
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Sous famille	Papilionaceae
Genre	<i>Astragalus</i>
Espèce	<i>Astragalus gombo</i> Bunge
Nom vernaculaire	Faila

I.7.2.2.2.- Utilisations de l'*Astragalus gombo* Bunge

Selon des études pharmacologiques récentes, *Astragalus gombo* Bunge est traditionnellement utilisé pour traiter les plaies, la douleur, la fièvre, la constipation et les problèmes d'estomac (PETERA *et al.*, 2015; CHOUANA *et al.*, 2017 ; DELATTRE *et al.*, 2017; PIERRE *et al.*, 2017). Elle possède des propriétés hépatoprotectrices et présente une activité thérapeutique en tant qu'immunostimulant, diurétique, antidiabétique, analgésique (YAN *et al.*, 2010; MATOS *et al.*, 2015; CHOUANA, 2017; BENFERDIA *et al.*, 2021), antioxydants (RIOS *et al.*, 1997; CHOUANA, 2017; BENFERDIA *et al.*, 2021), et anti-inflammatoires (MATOS *et al.*, 2015; BENFERDIA *et al.*, 2021).

CHPITRE II

Matériel et méthodes

La méthodologie de travail porte sur le principe de l'étude, l'extraction de polysaccharides hydrosolubles bruts et un ensemble de tests biologiques liés à l'activité antioxydante.

II.1.- Principe d'étude

L'importance des plantes médicinales réside dans le fait qu'elles contiennent de nombreuses molécules naturelles actives. Elles sont considérées comme des sources alternatives pour le traitement de nombreuses maladies, car elles ont moins d'effets secondaires et une plus grande efficacité par rapport à leurs homologues industriels. Là où il existe de nombreuses applications industrielles et pharmaceutiques pour les polysaccharides présents dans les plantes, les études se sont donc poursuivies pour leurs activités vitales et leur faible toxicité (MOHAMMEDI, 2013; ZENG *et al.*, 2019; BORAH et BANIK, 2020; EL-SABER *et al.*, 2020).

De plus, les maladies les plus courantes traitées par les espèces d'*Astragalus* sont les problèmes de systèmes urinaire, métabolique, respiratoire, digestif et nerveux, ainsi que les problèmes de systèmes circulatoire et cutané (AMIRI *et al.*, 2020). Ainsi, la pharmacopée traditionnelle de la région d'El Oued (Algérie) utilise les feuilles d'*Astragalus gombo* Bunge pour traiter les reins (Éliminer les calculs) et réduire la salivation chez les enfants.

Le présent travail vise à l'étude des polysaccharides à partir d'une plante spontanée à caractère médicinale. Il s'agit d'*Astragalus gombo* Bunge de la famille des Fabaceae, dont les étapes ciblées sont l'extraction des polysaccharides hydrosolubles et l'évaluation de leurs activités biologiques *in vivo* sur des rattes *Wistar albinos*.

II.2.- Matériel d'étude

Le matériel d'étude est représenté le matériel biologique et le matériel non biologique, dont les appareillages et les produits chimiques utilisés au cours de l'expérimentation. Le matériel biologique est constitué par l'espèce végétale et le modèle animale choisis.

II.2.1.- Matériel végétal

Le matériel végétal est présenté par *Astragalus gombo* Bunge (Fabaceae) issu du Nord-Est du Sahara algérien (Wilaya d'El-Oued). *A. gombo* Bunge est récoltée en Octobre 2022 à un point caractérisé par une latitude de 33°31'32,46924" Nord, et une longitude de 7°0'6,51384" Est à une hauteur estimée de 54 m a.s.l.

Après avoir récolté la plante, les feuilles d'*A. gombo* Bunge sont les parties retenus pour le présent travail. Un séchage est effectué dans un endroit sec et ombragé à température ambiante (de 36 à 40°C), pendant deux semaines jusqu'à ce que la masse sèche soit stabilisée. Ensuite, les feuilles séchées sont broyées en une poudre à l'aide d'un mortier, puis la poudre est soigneusement stockée dans un endroit frais et sec pour être utilisée au début de l'expérience.

II.2.2.- Matériel animal

La présente étude est menée sur 15 rattes femelles de type *Wistar albinos* (Photo 02), dont le poids varie entre 150 et 200 g, afin de réaliser une étude *in vivo* pour évaluer les activités biologiques de l'extrait polysaccharidique. Les rattes ont subi une période d'adaptation de 2 semaines dans une animalerie au niveau de la Faculté des sciences naturelles et de la vie de l'Université Echahid Hamma Lakhder. Elles sont divisées en 3 lots, contenant chacun 5 individus, et placés dans des cages en polyéthylènes. Il s'en est suivi une acclimatation des rattes aux conditions du laboratoire dans un cycle photopériodique de 12h/12h à une température de $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ (NGA *et al.*, 2020).



Photo 02.- Rattes *Wistar albinos*

II.3.- Méthodes d'étude

Les méthodes d'études indiquent l'extraction des polysaccharides hydrosolubles et l'évaluation des activités biologiques *in vivo*.

II.3.1.- Extraction des polysaccharides hydrosolubles

Après avoir préparé de la poudre des feuilles d'*Astragalus gombo* Bunge, 100g de celle-ci sont traités avec de l'éthanol (96%) et de l'acétone, pour se débarrasser des composés colorés et des impuretés (fig1, annexe 2) (CHOUANA, 2017; TABARSA *et al.*, 2018; HU *et al.*, 2019; YAN *et al.*, 2019) pendant 3 heures sous agitation continue à température ambiante. Après filtration, une macération avec de l'eau distillée est effectuée 3 fois à 80°C pendant deux heures à un ratio poids/volume de 1:100 (fig2, annexe 2) (DIALLO *et al.*, 2004; CHIDOUH *et al.*, 2014; HE *et al.*, 2017; LV *et al.*, 2017). La solution filtrée est recueillie dans une fiole standard, concentrée et combinée par un rota-vapeur sous pression à 65°C (LIU *et al.*, 2011). Ensuite, il est refroidi et précipité en ajoutant 4V (96 %) d'éthanol refroidi à 4 °C pendant 24 h (fig3, annexe 2) (WANG *et al.*, 2016; XIA *et al.*, 2020; KAKAR *et al.*, 2020). Après une centrifugation à 3900 rpm pendant 10 min, un lavage de précipité est réalisé avec de l'acétone (fig4, annexe 2) (ZHAUYNBAEVA *et al.*, 2010; TABARSA *et al.*, 2018; LI *et al.*, 2018). Enfin, l'extrait polysaccharidique obtenu (fig. 16) est bien séché à température ambiante, puis stocké jusqu'à utilisation (fig5, annexe 2).

Le rendement des polysaccharides bruts extraits d'*A. gombo* Bunge est calculé selon MEDLEJ *et al.* (2021) par le formule suivant:

$$R(\%) = (M1/M2) \times 100$$

- **R(%)** : rendement de l'extrait exprimé en %.
- **M 1** : Le contenu polysaccharidique de l' extraction (g).
- **M 2** : Le poids de la poudre sec de la plante (g).

II.3.2- Activités biologiques *in vivo*

L'étude des activités biologiques *in vivo* est procédée sur un modèle animal des rattes *Wistar albino*.

II.3.2.1- Traitement d'animaux

Le protocole de l'évaluation des activités biologiques *in vivo* est effectué selon DEROUICHE *et al.* (2017) avec quelques modifications (fig. 17). En effet, après la période

d'adaptation, les rattes sont divisées en trois lots. Le premier lot est gardé comme témoin (non traité). Quant au deuxième lot, il est effectué un prétraitement avec l'extrait polysaccharidique d'*Astragalus gombo* Bunge à 100 mg/kg de poids corporel, en le mélangeant dans de l'eau de boisson pendant deux semaines. Elles sont ensuite exposées l'acétate de plomb à 100 mg/kg de poids corporel, dans de l'eau de boisson, pendant une semaine. Le troisième lot est alimenté avec de l'acétate de plomb à 100 mg/kg de poids corporel, dans de l'eau de boisson pendant une semaine.

II.3.2.2- Sacrifice et prélèvement de sang et des organes

A la fin de l'expérimentation, les rattes ont été mis à jeun pendant 16 heures, anesthésiés par inhalation de chloroforme (94%), et sacrifiés par décapitation et prélèvement sanguin dans des tubes héparines (Photo 03) (fig6, annexe 3) (MOHRI et REZAPOOR, 2009; KAMALI et MOHRI, 2015). Le sérum est séparé par centrifugation à 3000 rpm en 15 min et conservé à une température de -4°C pour être utilisé ultérieurement. Après avoir disséqué, les organes (foie, cerveau et rein) sont lavés avec du chlorure de sodium. Les organes sont pesés en vue de la préparation d'homogénats (fig7, annexe 3), afin d'étudier les facteurs d'activité oxydative, dont le taux de malondialdéhyde (MDA) et l'activité du catalase (CAT). Pour l'étude histologique, les différents organes (foie, cerveau et rein) sont fixés immédiatement dans une solution de formol à 10%.



Photo 03.- Décapitation et prélèvement de sang

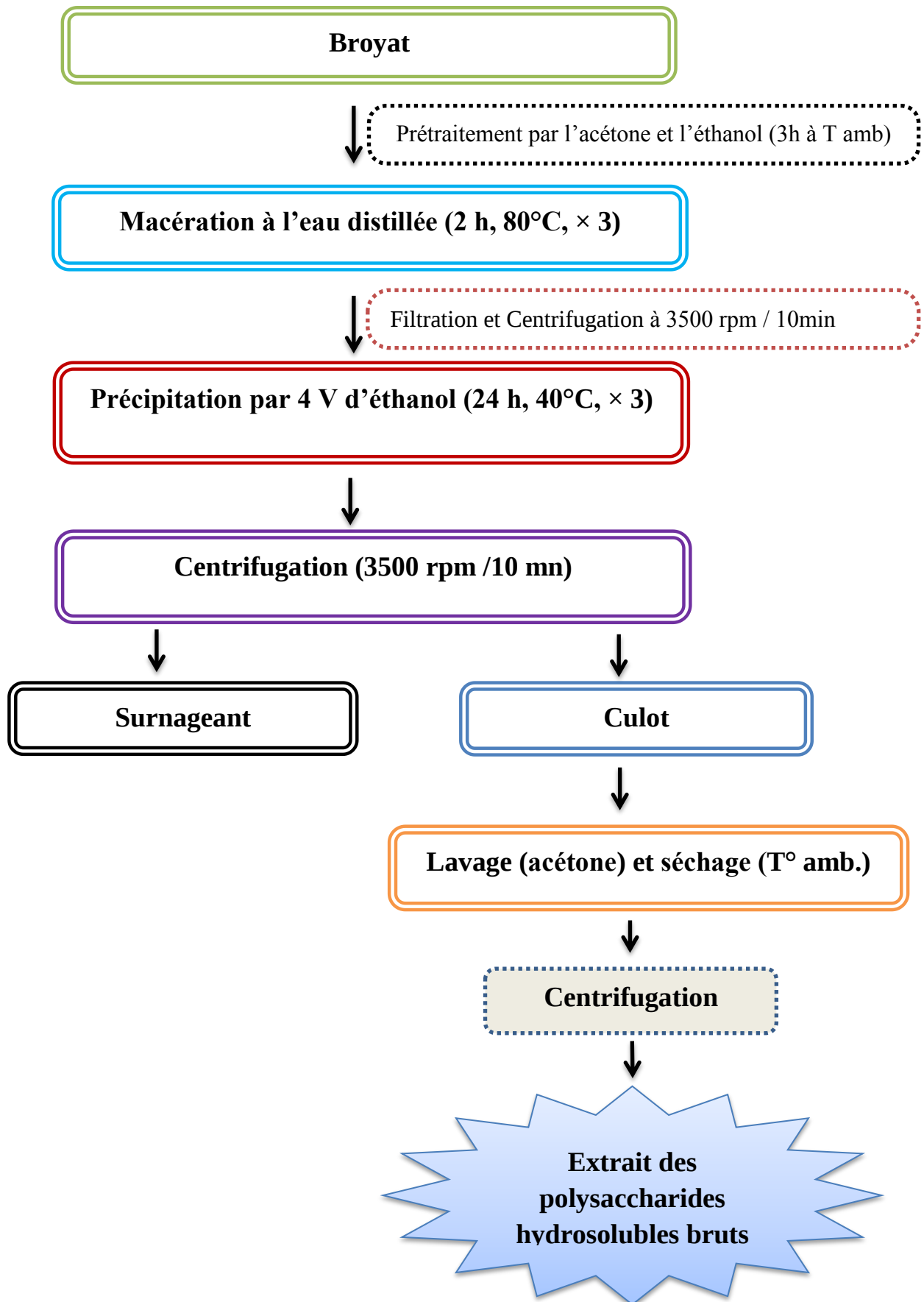


Figure 16.- Protocole d'extraction des polysaccharides hydrosolubles bruts

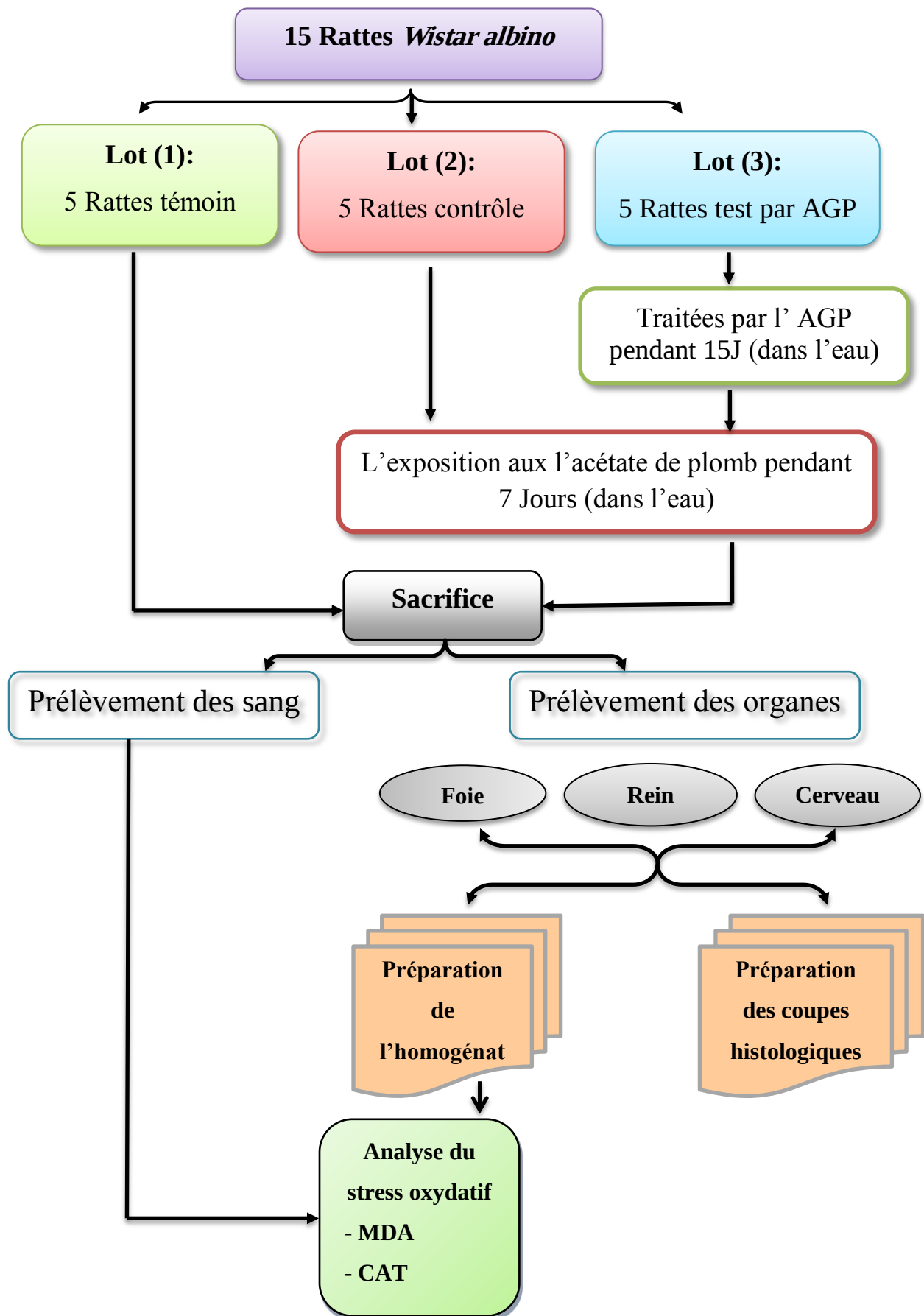


Figure 17.- Schéma récapitulatif du protocole expérimental de l'étude *in vivo*

II.3.2.3- Paramètres de stress oxydatif

Il est choisi le dosage du taux MDA et d'activité enzymatique de catalase.

II.3.2.3.1- Préparation de l'homogénat

Il est pesé 1 gramme de différents tissus de ratte (cerveau, rein, foie), puis broyé et homogénéisé dans du TBS (Tris 50 mM, NaCl 150 mM, pH 7,4) pour avoir une suspension tissulaire. Le mélange est centrifugé à 3900 rpm pendant 20 minutes. Le surnageant obtenu est conservé à -4°C pour une utilisation ultérieure (BOUSSEKINE *et al.*, 2014).

II.3.2.3.2- Dosage de malondialdéhyde (MDA)

Principe

Le principe de ce test repose sur la condensation de molécules de MDA en milieu acide (son pH varie de 2 à 3) et est réchauffé avec de l'acide thiobarbiturique (TBA), ce qui entraîne l'apparition d'une coloration rose résultant de la formation d'un composé de MDA lié avec deux molécules d'acide thiobarbiturique. La lecture est réalisée par un spectromètre d'absorption à 532 nm (YAGI, 1976; OHKAWA *et al.*, 1979; SASTRE *et al.*, 2000; DEROUCHE *et al.*, 2017; DEROUCHE *et al.*, 2019).

Réactif

Un mélange de 375mg de TBA, 20g de TCA, 0.01g de BHT, 25 ml de HCL 1 N et 50 ml d'eau distillée est introduit dans un bécher. La solution obtenue est chauffée à 40°C dans un bain marie jusqu'à dissolution complète du TBA. Le mélange est ensuite transféré dans une fiole de 100ml et le volume est complété à l'eau distillé jusqu'au trait de jauge (LAIB, 2023).

Mode opératoire

Dans des tubes à essai en verre et à vis, 200 μl d'échantillon et 1ml de réactif TBA sont ajoutés. Les tubes sont fermés hermétiquement et la mélange est chauffé au bain Marie à 100°C pendant 15 minutes. Un refroidissement dans un bain d'eau froide pendant 30 minutes est effectué en laissant les tubes ouverts pour permettre l'évacuation des gaz formés lors de la réaction. Après une centrifuger à 3000 tours/minutes pendant 5 minutes, la lecture de l'absorbance du surnageant est réalisée à 532 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (LAIB, 2023).

Expression des résultats

$$\text{MDA } (\mu\text{mol/mg de tissu}) = (\text{Do échantillon} / 1.53 \times 10^5) / \text{mg de tissu}$$

II.3.2.3.3- Dosage de l'activité enzymatique de catalase

Principe

La catalase est une puissante enzyme antioxydante présente dans de nombreux tissus, tels que le foie, les mitochondries et les globules rouges. Il se compose de quatre sous-unités protéiques (KIRKMAN *et al.*, 1999; SCHEIBMEIR *et al.*, 2005; REES *et al.*, 2007; VAMECQ *et al.*, 2004). La catalase limite la formation de radicaux hydroxyles à partir du peroxyde d'hydrogène (ZOUAGHI, 2011). L'activité de la catalase est exprimée en mesurant la disparition induite par la catalase de H₂O₂ présent dans l'échantillon, en mesurant l'absorbance de H₂O et O₂ produits par la réaction à 560 nm (COULIBALY *et al.*, 2022).

Mode d'opération

Dans un tube à essai, il est mélangé 1 ml de tampon phosphate (0,1 mHg, 0,1 M, pH 7,2), 0,975 ml de H₂O₂ préparée (0,091 M) et 0,025 ml de source d'enzyme (échantillon). La lecture d'absorption à 560 nm est effectuée immédiatement toutes les minutes pendant quatre minutes.

Expression des résultats

$$\text{Activité de la catalase } (\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 / \text{min} / \text{mg}) = \frac{(\Delta DO)}{\epsilon \times L \times Fd} Fd \times 100$$

ϵ : Coefficient d'extinction (= 0,043 mM⁻¹.cm⁻¹).

L : La longueur de la cuve utilisée (1 cm).

Fd : 0,02 (facteur de dilution pour le H₂O₂ dans le tampon) (BAHI et NECIB, 2015).

II.3.2.4- Coupes histologiques

Après sacrifice et dissection, des coupes histologiques sont réalisées sur chaque échantillon selon les principales étapes suivantes: fixation, déshydratation et imprégnation, enrobage, découpage et déparaffinage, coloration et montage (BANCROF et GAMBLE, 2002).

II.3.2.4.1- Fixation

La fixation vise à stopper toutes les activités mitotiques et enzymatiques pour maintenir les structures dans un état le plus proche possible de l'état vivant, ainsi qu'à rigidifier la pièce anatomique. Les échantillons sont fixés directement dans du formol à 10 %, pendant une durée de 24 heures à 48 heures (Photo 04). Ces échantillons sont découpés en petits morceaux, puis chaque morceau est placé dans une boîte spéciale à parois perforées et trempé dans des bains d'alcool successifs (ANDRE *et al.*, 2008; DJOUDAD-KADJI *et al.*, 2011).



Photo 04.- Etape de fixation de l'organe

II.3.2.4.2- Déshydratation et imprégnation

Le but de déshydratation est de maintenir la structure initiale de la cellule au moment de la rupture de la membrane plasmique en éliminant l'eau intracellulaire. Cette étape se fait à l'aide d'un appareil à circulation automatisé, où les bandelettes contenant les échantillons sont immergées dans différents bains d'alcool pour sécher l'organe (ANDRE *et al.*, 2008; DJOUDAD-KADJI *et al.*, 2011).

II.3.2.4.3- Inclusion

Une fois sortie de l'appareil à circulation, le tissu est retiré de la cassette à l'aide d'une pince et placé directement dans un moule métallique de l'appareil à inclusion contenant des de paraffine fondue. Puis, il est rempli de paraffine et transféré sur une plaque de refroidissement pour faciliter la démolition. Le but de cette étape est de permettre la réalisation de pièces fines (Photo 05) (3 μm d'épaisseur) et régulières afin de pouvoir les observer au microscope (ANDRE *et al.*, 2008; DJOUDAD-KADJI *et al.*, 2011).

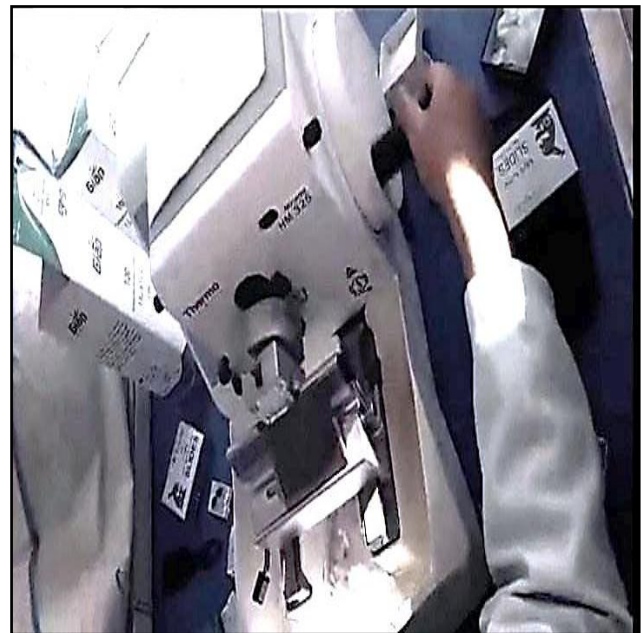


Photo 05.- Etape d'inclusion de tissu de l'organe

II.3.2.4.4- Confection d'une coupe histologique

Après l'étape d'enrobage, les blocs de paraffine sont coupés en fines tranches à l'aide de microtome. Les coupes sont étalées au bain-marie, à 45°C pour décoller les coupes, puis placées sur des lames de verre. Ces dernières sont placées dans des porte-lames métalliques, puis transférées au four à 40°C pendant environ une heure pour sécher (ANDRE *et al.*, 2008; DJOUDAD-KADJI *et al.*, 2011).

II.3.2.4.5- Coloration

Les lames sont placées directement dans plusieurs bacs équipés pour la coloration (Photo 06). Cette étape dure 67 minutes et se déroule comme suit:

- Deux pots de xylène pendant 15 minutes chacun.
- Quatre (4) bassines d'éthanol à concentration décroissante (100% à 80%) pendant 8 minutes au total.
- Une bassine d'eau distillée pendant 5 minutes.
- Une bassine composée d'1 ml HCL et 400 ml d'éthanol 70%, pendant 3 minutes.
- Une bassine d'eau distillée pendant 1 minute.
- Une bassine d'hématoxyline pendant 30 secondes.
- Rinçage à l'eau du robinet pendant 3 minutes.
- Un bain d'eau chaude à 60°C pendant 10 minutes.
- Une bassine d'eau distillée pendant 3 minutes.
- Un pot d'éosine aqueuse pendant 20 secondes.
- Rinçage à l'eau du robinet pendant 3 minutes.
- Rinçage à l'eau distillée.
- Mettez-le au four à 60°C pendant 10 minutes pour vous assurer qu'il est bien sec (ANDRE *et al.*, 2008; DJOUDAD-KADJI *et al.*, 2011).



Photo 06.- Etape de coloration d'hématoxyline-éosine

II.3.2.4.6- Montage et observation microscopique

À ce stade, une lame histologique est produite prête à être observée au microscope. En plaçant quelques gouttes de résine synthétique sur la lamelle, elles doivent être soigneusement ajustées à la lame colorée pour éviter les bulles d'air afin d'assurer une vision claire. Enfin, les lames sont mises à sécher (ANDRE *et al.*, 2008; DJOUDAD-KADJI *et al.*, 2011). Il est passé ensuite à l'observation au microscope optique avec grossissement x40 et x10.

II.3.3.- Analyse statistique

Les résultats sont présentés par la suite bureautique Excel de Microsoft. L'analyse statistique des données est réalisée par XLSTAT (Version 2016.02.28451). Les résultats sont représentés sous forme des moyennes $\pm$ écart-types ($M \pm SEM$). La normalité des données est vérifiée par le test de Shapiro-Wilk. Ensuite, le test d'ANOVA suivi par Tukey (HSD) et le test de Kruskal-Wallis suivi par Dunn, sont effectués pour indiquer les différences statistiquement significatives. Les niveaux de signification sont considérées comme non significative (NS) si $P > 0.05$, significatives (*) si $P \leq 0.05$, hautement significative (**) si $P \leq 0.01$, et très hautement significative (***) si $P \leq 0.001$.

CHAPITRE III

Résultats et discussion

Dans ce chapitre, les résultats d'extraction et des activités biologiques testées des polysaccharides hydrosolubles extraits des feuilles d'*Astragalus gombo* Bunge sont présentés.

III.1.- Rendement d'extraction des polysaccharides

L'extrait polysaccharidique, nommé AGP, est obtenu après traitement à l'eau chaude, précipitation à l'éthanol, puis lavage à l'acétone et séchage. Le rendement relatif est calculé par rapport au poids de la matière sèche utilisée dans l'extraction selon MEDLEJ *et al.* (2021), en utilisant 100g de poudre des feuilles d'*A. gombo* Bunge. Il est obtenu un rendement en polysaccharides hydrosolubles de 6,74%. Ce rendement est proche de celui obtenu par CHOUANA *et al.* (2017) à partir de la tige d'*A. gombo*, soit 6,8%. Il est inférieur à ce qui a été trouvé par MEHELLOU (2015) avec un rendement de 12,77% à partir des polysaccharides hydrosolubles extraits des graines d'*A. gombo*. Ainsi, le rendement de 20,69% extrait des graines d'*A. gyzensis* Bunge est noté par TEDJANI *et al.* (2023). Il est supérieur à celui obtenue par BEN YOUNES et TELLI (2020), soit 4,85% extraite des feuilles d'*A. armatus*.

La variation du rendement des polysaccharides solubles extraits s'explique en fonction de plusieurs facteurs environnementaux et des conditions climatiques et expérimentales (KAEWMANEE *et al.*, 2014). Parmi eux, il se trouve la différence dans la physiologie des plantes, où les polysaccharides sont considérés comme des métabolites primaires qui sont utilisés comme précurseurs d'autres métabolites secondaires, comme source d'énergie. Ainsi, les facteurs des différentes conditions d'extraction, de l'emplacement géographique et de la période de récolte des plantes influent les rendements d'extraction. De plus, la température, le temps d'extraction, la pureté et le volume d'alcool utilisé dans la précipitation jouent un rôle important dans la productivité de l'extraction, et le type de polysaccharide (EBRINGEROVA *et al.*, 2003; SAENZ *et al.*, 2004; MIAO, 2011; WANG *et al.*, 2016).

III.2.- Activités biologiques *in vivo*

III.2.1.- Effets sur les paramètres du stress oxydant

Le plomb est un métal toxique dont l'utilisation à grande échelle cause la pollution de l'environnement et de nombreux problèmes de santé dans le monde. De nombreux troubles physiologiques, comportementaux et biochimiques surviennent également. Il s'agit d'une substance toxique cumulative qui affecte plusieurs organes, notamment le système nerveux, les maladies du sang, les reins, le foie, le système reproducteur et les vaisseaux sanguins. Ainsi, le plomb est l'une des principales raisons les plus importantes conduisant à une augmentation des

mécanismes de stress oxydatif, à la formation de radicaux libres et à une diminution de la quantité d'antioxydants, car le plomb absorbé est stocké dans le corps humain au niveau des tissus molles tels que le cerveau, le foie, les reins et les poumons ... etc. (PATRIK, 2006; HOSSIN, 2012; HOUAS *et al.*, 2014; ARA et USMANI, 2015; DEROUICHE *et al.*, 2017; DEROUICHE *et al.*, 2019; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019; KHATEIB et KHAFAGY, 2023).

III.2.1.1.- Effets sur le taux du molonydialdéhyde (MDA)

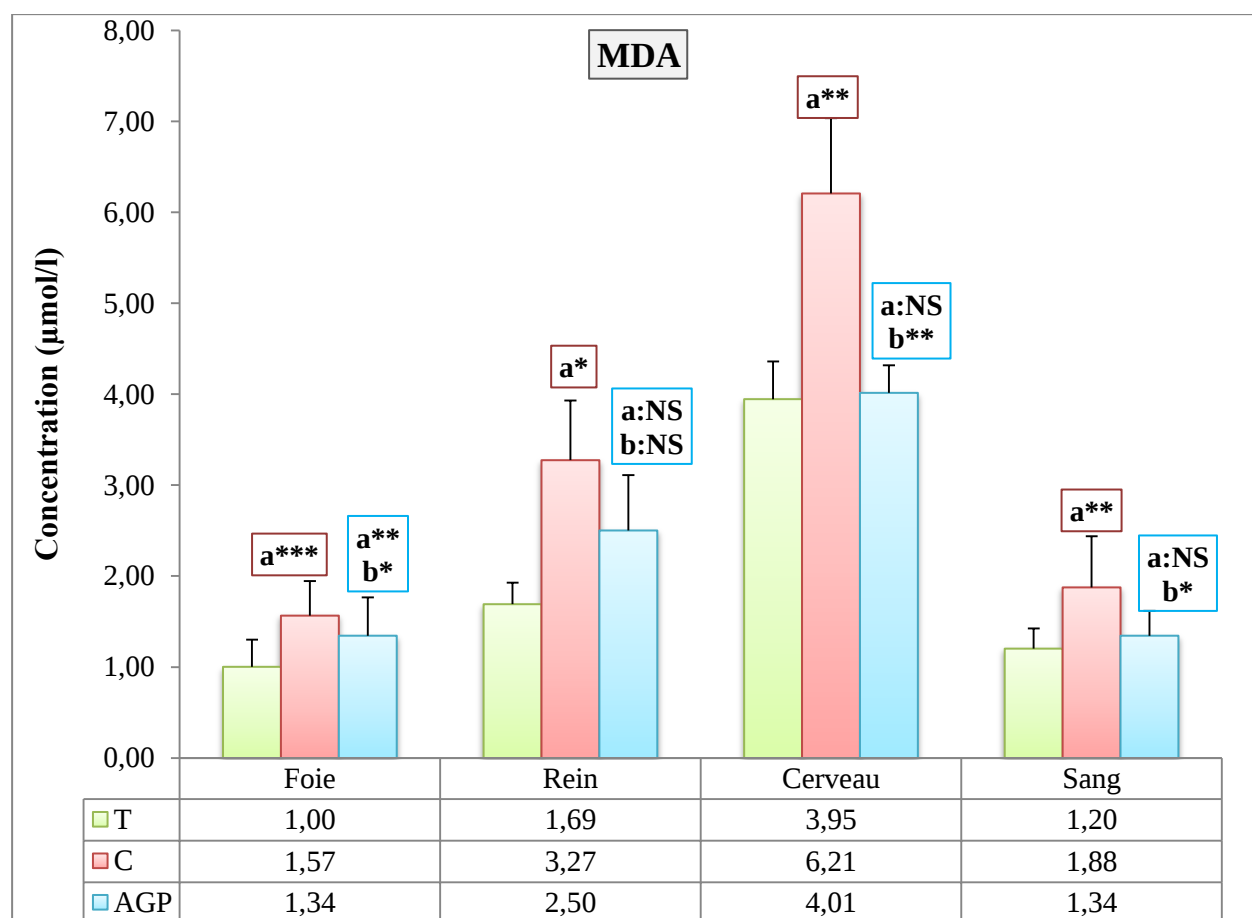


Figure 18.- Taux de MDA dans le foie, les reins, le cerveau et le sang des ratte des trois lots
Les niveaux de différences sont considérés comme non significatif (NS), significatifs (*), très significatifs (**) et très hautement significatifs (***) par rapport au lot témoin (a) et au lot contrôle positif (b)

La figure 18 représente une variation des taux de MDA dans les différents organes (foie, rein, cerveau) et dans le sang des différents lots. Après intoxication au Pb à 100mg/kg p.c., les résultats indiquent une augmentation très hautement significative ($p < 0,001$) du taux de MDA hépatique des ratte du lot contrôle ($1,56 \pm 0,058 \mu\text{mol/l}$) par rapport au lot témoin ($1,00 \pm 0,045 \mu\text{mol/l}$). De plus, une diminution significative ($p < 0,05$) du niveau de MDA hépatique des ratte du lot AGP ($1,34 \pm 0,064 \mu\text{mol/l}$) par rapport au lot contrôle. Les résultats notent également une

augmentation significative ($p < 0,05$) du taux de MDA rénal des rattes du lot contrôle ($3,27 \pm 0,1 \mu\text{mol/l}$) par rapport au lot témoin ($1,069 \pm 0,035 \mu\text{mol/l}$). Cependant, des différences non significatives ($p > 0,05$) des taux de MDA rénal des rattes du lot AGP ($2,50 \pm 0,09 \mu\text{mol/l}$) par rapport au lot contrôle et lot témoin. Ainsi, un taux de MDA de $6,20 \pm 0,12 \mu\text{mol/l}$ des cerveaux des rattes du lot contrôle est très significativement élevé ($p < 0,01$) par rapport au $3,94 \pm 0,06 \mu\text{mol/l}$ du lot témoin. Les cerveaux des rattes de lot AGP signent une diminution très significative ($4,01 \pm 0,04 \mu\text{mol/l}$) par rapport au lot contrôle. Les taux de MDA sanguins enregistrés marquent une augmentation très significative ($p < 0,01$) des rattes du lot contrôle ($1,87 \pm 0,08 \mu\text{mol/l}$) par rapport au lot témoin ($1,20 \pm 0,03 \mu\text{mol/l}$). De même, il est noté une diminution significative ($p < 0,05$) des taux de MDA sanguins du lot AGP ($1,34 \pm 0,04 \mu\text{mol/l}$) par rapport au lot contrôle.

Les résultats du lot contrôle traité au Pb ont enregistré une augmentation significative du taux de MDA dans les organes et le sang étudiés par rapport au lot témoin. Ces résultats peuvent être un indice d'atteinte des organes étudiés. Ils sont cohérents avec les résultats précédemment rapportés par SAKA *et al.* (2011) qui ont rapporté que des rats mâles et femelles *Wistar albinos* après une exposition à l'acétate de plomb à 100 mg/kg de p.c., entraînaient une augmentation significative des niveaux de MDA dans le foie. Une augmentation significative est rapportée par GARGOURI *et al.* (2015) sur les niveaux de MDA dans le foie chez des rats mâles *Wistar albinos*, après une exposition à l'acétate de plomb à 0,6 % dans l'eau potable pendant 15 jours. De plus, AQEEL *et al.* (2021) indiquent une augmentation significative des niveaux totaux de MDA chez les rats mâles *Wistar albinos* après exposition à l'acétate de plomb à une dose de 20 mg/kg de p.c., par injection intrapéritonéale pendant 5 jours. Ainsi, MEHELLOU *et al.* (2022) signalent une augmentation des taux hépatiques et rénaux de MDA dans un groupe témoin après intoxication à l'acétate de plomb (100 mg/kg) par l'eau de boisson pendant 3 jours.

La toxicité organique et sanguine étudiée causée par le Pb s'explique par le fait que ce dernier favorise l'augmentation des ROS, ce qui entraîne la dégradation oxydative des acides gras polyinsaturés membranaires et la génération d'aldéhydes réactifs tels que le MDA. Un taux élevé de MDA est considéré comme toxique pour les cellules, et qui peut être considéré comme le principal bio-marqueur du stress oxydatif. Généralement, lorsqu'un individu est exposé à des niveaux élevés de Pb, une néphropathie aiguë et chronique se produit. Lorsque le plomb entre dans le sang, il s'accumule en grande quantité au niveau des globules rouges, mais à des concentrations inférieures à 4 % dans le plasma. (CASTELLINO, 1963; GÜRER *et al.*, 1998; PELLETIER *et al.*, 2004; MAZUNDER *et al.*, 2005; MATOVIĆ *et al.*, 2015; AOUACHER *et*

SAKA, 2021). Les dommages causés par les radicaux libres provoqués par le Pb sont médiés par deux mécanismes indépendants (JOMOVA et VALKO, 2011). Les mécanismes impliqués dans la première phase (précoce) du stress oxydatif provoqué par le plomb sont l'action sur la génération d'espèces azotées réactives (RNS), soit l'oxyde nitrique (NO), ainsi que la génération d'espèces réactives de l'oxygène (ROS), soit en présence d'anions superoxyde (O_2^-), de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et de radicaux hydroxyle ($OH^\bullet$) par l'inhibition de la δ -acide aminolévulinique déshydratase (ALAD), une enzyme importante dans la biosynthèse de l'hème, conduisant à l'accumulation d'acide δ -aminolévulinique (ALA) qui stimule la production de ROS (BESHARA, 1996). Le deuxième mécanisme du stress oxydatif causé par le plomb est son effet sur le système de défense antioxydant des cellules. Alors que le plomb a une forte affinité pour les groupes SH dans les enzymes du système de défense antioxydant, telles que la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT) et le glutathion. la peroxydase (GPx) et la glucose-6-phosphate déshydrogénase (G6PD), les inhibant ainsi (KASPERCZYK *et al.*, 2012; NAIR *et al.*, 2013).

Par ailleurs, le plomb, en tant que cations divalents, peut remplacer les bioéléments divalents tels que les ions sodium, fer, magnésium, zinc et calcium, qui sont des cofacteurs importants pour les enzymes antioxydantes. Il entre en compétition pour l'absorption dans le tube digestif vers le tissu cible, ce qui entraîne sa perturbation (MATOVIĆ *et al.*, 2015; MEHELLOU *et al.*, 2022).

Les résultats observés pour les rattes du lot AGP notent une diminution significative des niveaux de MDA pour le foie, le cerveau et le sang étudiés, ce qui implique des effets hépatoprotecteur, neuroprotecteur et antioxydant de l'extrait polysaccharidique AGP.

III.2.1.2.- Effets sur l'activité de catalase (CAT)

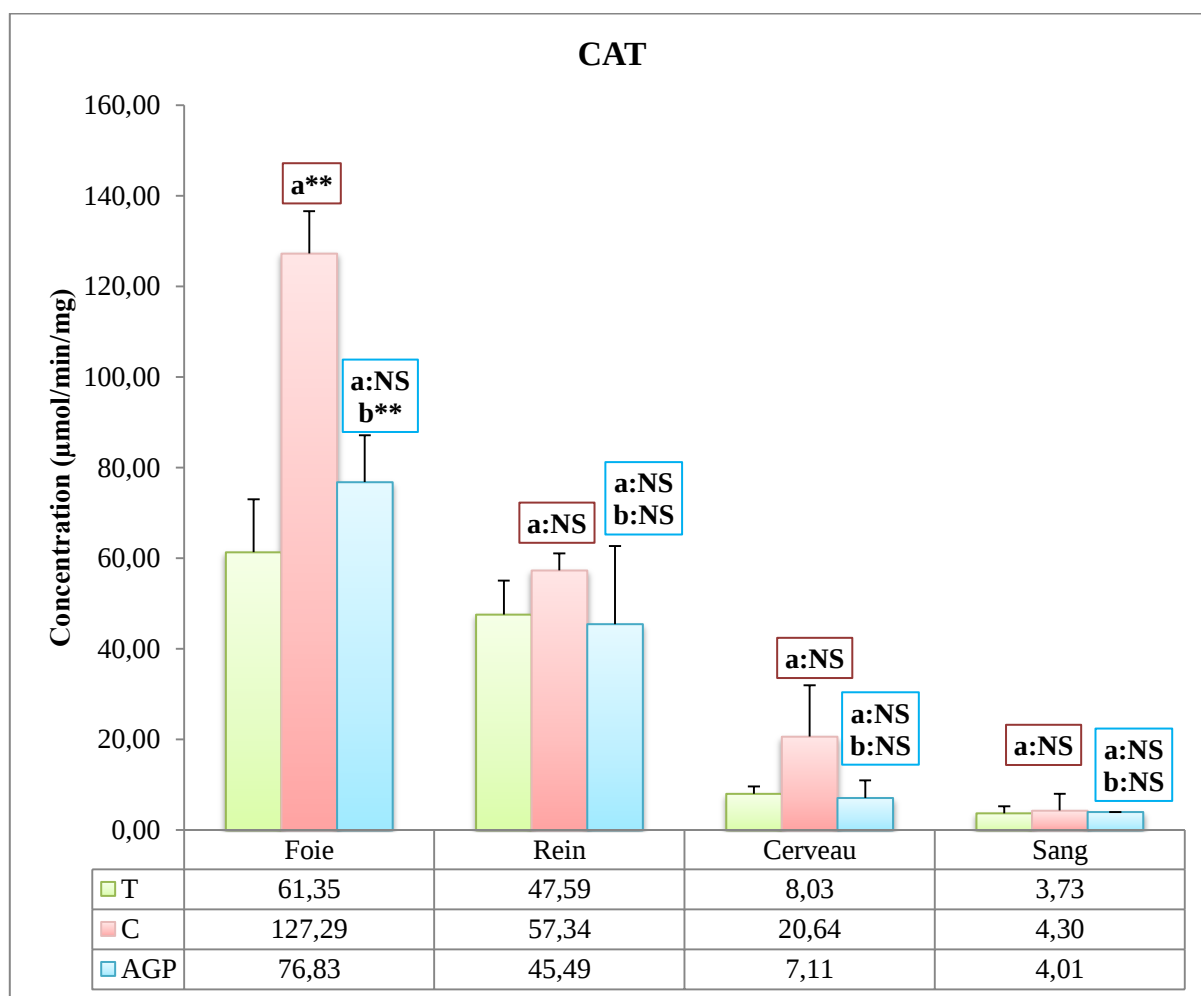


Figure 19.- Activité de CAT dans le foie, les reins, le cerveau et le sang des ratte des trois lots
Les niveaux de différences sont considérés comme non significatif (NS), significatifs (*), très significatifs (**) et très hautement significatifs (***) par rapport au lot témoin (a) et au lot contrôle positif (b)

La figure 19 représente les niveaux des activités de CAT dans différents organes (foie, rein, cerveau) et dans le sang des ratte des différents lots. Après exposition des ratte au Pb à 100mg/kg p.c., l'activité de CAT hépatique indique une augmentation très significative ($p < 0,01$) chez les ratte du lot contrôle (127,25±9,36 $\mu\text{mol/min/mg}$) par rapport au lot témoin (61,35±11,70 $\mu\text{mol/min/mg}$). Ainsi, l'activité de CAT hépatique chez les ratte du lot APG signale une diminution très significative (76,83±1,029 $\mu\text{mol/min/mg}$) rapport au lot contrôle. Toutefois, les activités de CAT de rein, de cerveau et de sang des ratte des trois lots, présentent des différences non significative ($p > 0,05$).

L'activité accrue de CAT peut être expliquée comme un mécanisme de défense tissulaire contre l'augmentation des flux de H_2O_2 en le réduisant en H_2O et O_2 pour l'empêcher d'induire un

état de stress oxydatif causé par le Pb, en piégeant les radicaux libres. L'activité enzymatique de catalase augmente après un stress oxydatif pour protéger les cellules (KUM *et al.*, 2007; PARODI, 2007; GARG *et al.*, 2009; MATOVIĆ *et al.*, 2015; DEROUICHE *et al.*, 2017; LEMITA, 2022).

Les résultats ont montré une augmentation très hautement significative des activités de catalase hépatique, ce qui indique que le Pb a stimulé la production de ROS, en conduisant à une activité élevée de CAT. Ces résultats sont cohérents avec ce qui est rapporté par DEROUICHE *et al.* (2017), dont une augmentation de l'indice CAT hépatique des ratte femelles *Wistar albinos* du groupe témoin après intoxication à l'acétate de plomb ($17,651 \pm 0,493$ $\mu\text{mol/min/mg}$) par rapport au groupe témoin ($14,030 \pm 0,369$ $\mu\text{mol/min/mg}$). Une diminution significative est également enregistrée dans l'activité de catalase hépatique chez les ratte du lot AGP, ce qui implique une prévention de AGP contre les dommages causés par le Pb, en augmentant l'activité des antioxydants.

III.2.2- Étude histologique des organes

La figure 20 représente des coupes histologiques de foie de ratte de différents lots (G $\times$ 40). En effet, la figure 20. A. présente une coupe tissulaire d'hépatocytes de composition normale dans le groupe des ratte témoin (lot témoin). Néanmoins, la coupe histologique de la figure 20. B. du foie de ratte exposées au Pb (lot contrôle), indique une hémorragie, une nécrose, une infiltration de cellules inflammatoires, une dilatation tubulaire avec l'augmentation de taille de certains noyaux et agrégation de lymphocytes autour des vacuoles cytoplasmiques. La coupe histologique représentée sur la figure 20. C. présente du tissu de cellules hépatiques de ratte prétraitées avec du AGP puis exposées au Pb (lot AGP). A l'exception de l'augmentation de taille de certains noyaux, une structure hépatique normale est marquée chez les ratte du lot AGP (annexe 04, figure 08).

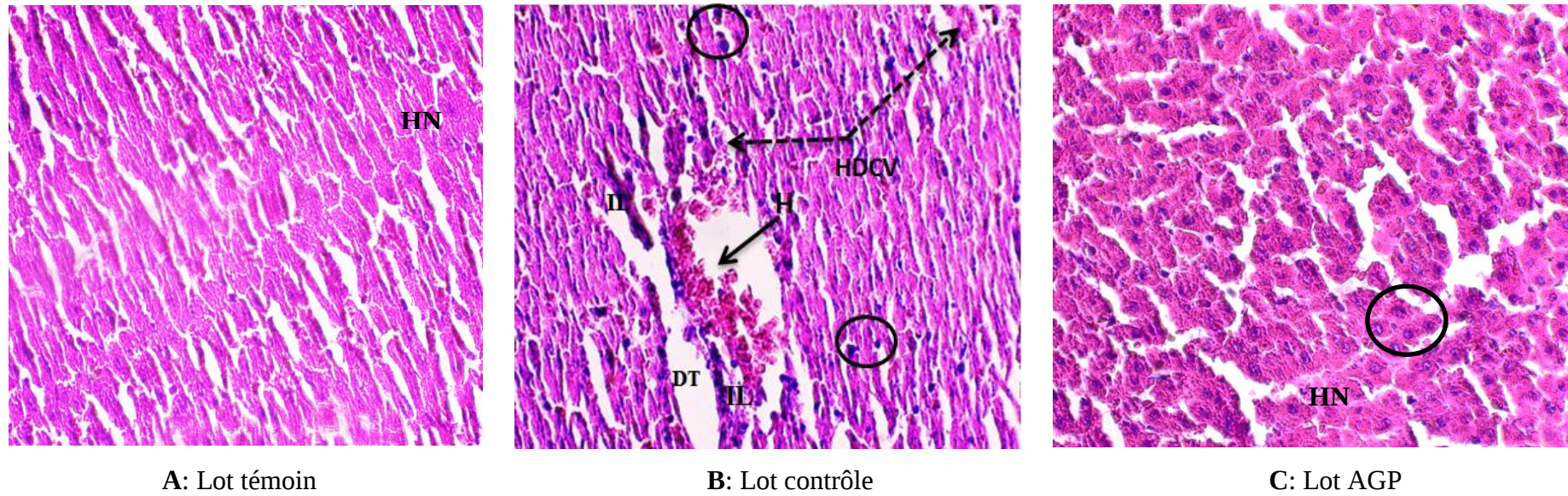


Figure 20.- Coupes histologiques du tissu hépatique de différents lots (G×40)

Hémorragie (H), Cellules Hépatiques Normales (HN), Hépatocytes Dégénérés à Vacuole Cytoplasmique (HDCV), Noyaux aux tailles augmentés (O), Dilatation Tubulaire (DT); Infiltration Lymphatique (IL).

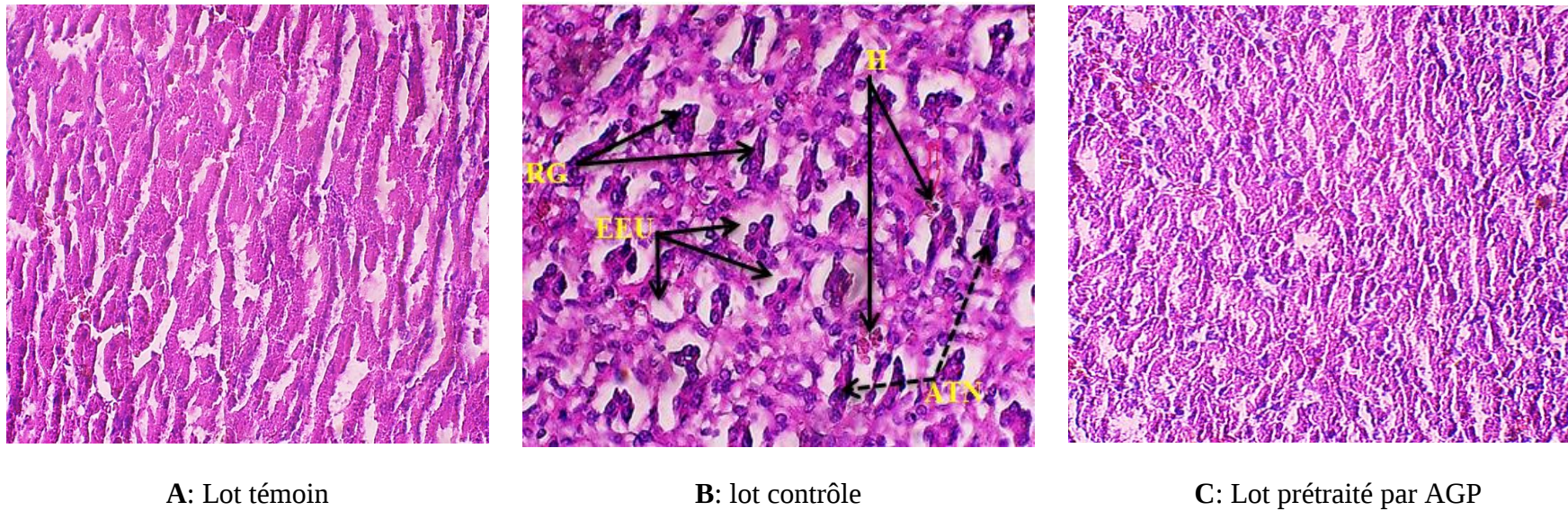
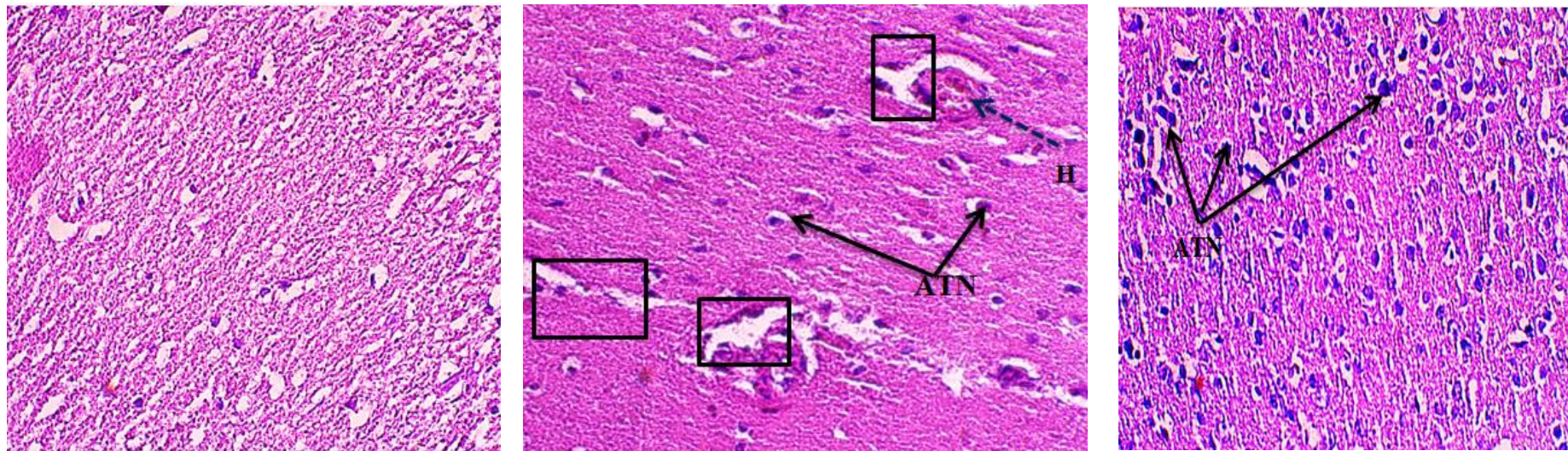


Figure 21.- Coupes histologiques du tissu rénal de différents lots (G×40)
Hémorragies (H); Augmentation de Taille des Noyaux (ATN); Rétraction de Glomérule (RG); Expansion de l'Espace Urinaire (EEU).



A: Lot témoin

B: Lot contrôle

C: Lot AGP

Figure 22.- Coupes histologiques du tissu du Cerveau de différents lots (G×40)

Dégénérescence vacuolaire des cellules neuronales (□); Augmentation de Taille des Noyaux (ATN); Hémorragie (H)

La figure 21 représente des coupes histologiques des reins de rattes de différents lots (G×40). La figure 21. A. indique une coupe histologique des cellules rénales à l'état normal du groupe des rattes témoin (Lot témoin). La figure 21. B. représente la coupe histologique des reins des rattes exposées au Pb (lot contrôle), où l'on note une hémorragie, une dilatation tubulaire, une augmentation de taille de certains noyaux et une rétraction de glomérule. Ainsi, la figure 21. C. signale un tissu de cellules rénales des rattes prétraitées par AGP puis intoxiquées par Pb (lot AGP). A l'exception de l'augmentation mineure de taille de certains noyaux, une structure rénale normale est observée chez les rattes du lot AGP (annexe 04, figure 09).

La figure 22 représente des coupes histopathologies du cerveau de rattes de différents lots (G×40). La figure 22. A. note une coupe histologique des cellules cérébrales avec une structure normale chez les rattes du groupe témoin. Cependant, la coupe histologique de la figure 22. B. du cerveau de rattes intoxiquées par le Pb (lot contrôle), laisse marquée une hémorragie, une dégénérescence interstitielle des neurones et une augmentation de taille des noyaux. De plus, la figure 22. C. indique des tissus de cellules cérébrales de rattes prétraitées par AGP puis exposées au Pb (lot AGP). A l'exception de l'augmentation mineure de taille de certains noyaux, une structure cérébrale normale est notée chez les rattes du lot AGP (annexe 04, figure 10).

L'examen microscopique des tissus des organes des différents lots, laisse observée que tous les organes étudiés avaient une structure normale en lot témoin. Cependant, l'étude histologique des organes des rattes du lot contrôle intoxiquée par le Pb à 100mg/kg pendant une semaine conduit à de nombreuses observations au niveau hépatique, soit hémorragie, augmentation de taille des noyaux et infiltration leucocytaire. Ils sont cohérents avec ce qui est présenté par HAOUAS et al. (2014), dont des rats *Wistar albinos* mâles ont été exposés à de l'acétate de plomb (2mg/l) pendant 35 jours, présentent l'apparition de nombreux changements tels qu'une augmentation de la taille des noyaux des cellules hépatiques, des saignements, une dilatation des veines, avec infiltration et accumulation de lymphocytes.

A partir des coupes histologiques rénales, il est constaté que l'exposition au Pb provoque des modifications histologiques sévères par rapport à la structure histologique normale, dont le gonflement des tubules enroulés, la contraction des glomérules et d'espace capsulaire, la formation de vacuoles cytoplasmique, l'augmentation de taille de certains noyaux, la destruction de l'épithélium tapissant les tubules, l'apparition de zone hémorragique et l'expansion des tubules rénaux. Ces résultats sont cohérents avec ce qui est rapporté par ABDOU et HASSAN (2014), dont 28 rattes femelles *Wistar albinos* injectés d'acétate de plomb à raison de 25 mg/kg pendant 5 jours.

Les résultats histologiques du cerveau sont cohérents avec les résultats de l'étude rapportée par KHATEIB et KHAFAGY (2023), dont 30 rats mâles *Wistar albinos* présentant des altérations microscopiques associées au stress oxydatif, comme la dégénérescence vacuolaire des neurones après exposition à une quantité de plomb de 40mg/kg pendant 7 jours. En effet, des modifications microscopiques des neurones liées au stress oxydatif sont observées chez des rattes exposées au Pb. De plus, il est noté que le cortex cérébral des rats exposés au Pb présent une atténuation cérébrale caractérisée par des espaces larges et de taille variable remplis de débris cellulaires (EL-NEWESHY *et al.*, 2011).

L'apparition d'infiltrats lymphoïdes (IL) observés dans cette étude après intoxication par le Pb peut s'expliquer par des signes d'irritation et d'inflammation cellulaires avec une hypersensibilité (HAOUAS *et al.*, 2014). L'apparition de cellules inflammatoires résulte de l'interaction du Pb avec des protéines et des enzymes présentes dans le tissu interstitiel hépatique. Par ailleurs, cette substance toxique active également l'activité phagocytaire des cellules sinusoïdales en augmentant le nombre de cellules de Kupffer suite à l'augmentation de l'autophagie au niveau du tissu hépatique pour aider à éliminer l'accumulation de plomb et de ses métabolites. En outre, le plomb crée également des radicaux réactifs qui détruisent la membrane cellulaire, en perturbant son maintien. Par conséquent, les globules rouges dont la membrane est endommagée deviennent plus fragiles. De plus, l'augmentation de taille de certains noyaux observée peut représenter une conséquence de la lésion et de la régénération cellulaire. (DEL MONTE, 2005; ILIĆ *et al.*, 2014; MOHAMMED *et al.*, 2017). Ainsi, les changements hydrodynamiques dans le tissu rénal peuvent également être une cause de modifications tubulaires, car le Pb entraîne une défaillance partielle des pompes de transport d'ions dans les cellules tubulaires, entraînant un gonflement et une nécrose tubulaires (SHARMA et SINGH, 2014).

Concernant les rattes du lot AGP, qui sont prétraité pendant deux semaines avec l'extrait polysaccharidique AGP d'*A. gombo* Bunge, puis exposées au Pb pendant une semaine, il est constaté que les tissus sont dans un état quasi-normal par rapport aux tissus des organes du lot contrôle.

De nombreuses recherches récentes ont prouvé que les polysaccharides naturels peuvent éliminer et rattraper de manière significative les ions métalliques. Les polysaccharides ont un effet protecteur important sur le foie et les reins, comme l'indique le résultat obtenu par HOU *et al.* (2019). De plus, il est indiqué que les polysaccharides peuvent provoquer une diminution significative des modifications histopathologies contre le Pb tant au niveau du foie que des reins,

en régulant le système de défense antioxydant, en améliorant l'inhibition de la peroxydation lipidique, en équilibrant la réponse inflammatoire par une régulation des pools de cellules immunitaires et les niveaux de cytokines via plusieurs voies inflammatoires (HOU *et al.*, 2019; SONG et ZHU, 2020; MEHELLOU *et al.*, 2022).

***CONCLUSION ET
PERSPECTIVES***

Conclusion

Astragalus gombo Bung est une plante médicinale, spontanée du désert (Sahara septentrional). L'objectif du présent travail est d'étudier les polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. gombo* (partie utilisée en médecine traditionnelle) de la région d'El Oued. Les polysaccharides sont extraits dans de l'eau chaude, précipités avec de l'éthanol, lavés avec de l'acétone et séchés à température ambiante. Il est obtenu une fraction polysaccharidique nommée APG avec un rendement de 6,74%.

L'étude des activités biologiques *in vivo* sur *Wistar albino* est évaluée par les dosages de malondialdéhyde (MDA) et de l'activité de la catalase (CAT), en plus des coupes histologiques. L'exposition au plomb laisse marquer des taux élevés en MDA hépatique, rénal, cervical et sanguin et en CAT hépatique avec des dommages tissulaire de foie, des reins, de cerveau et du sang. Le prétraitement par AGP note des diminutions significatives par rapport au contrôle des taux de MDA hépatiques ($1,34 \pm 0,064 \mu\text{mol/l}$, $P < 0,05$), de MDA de cerveau ($4,01 \pm 0,04 \mu\text{mol/l}$, $p < 0,01$), et de MDA sanguins ($1,34 \pm 0,04 \mu\text{mol/l}$, $p < 0,05$), ce qui implique un effet antioxydant. Ainsi, le dosage de l'activité de la catalase hépatique indique une diminution très significative ($p < 0,01$) par rapport au lot contrôle après prétraitement par AGP ($76,83 \pm 1,029 \mu\text{mol/min/mg}$), ce qui implique un effet hépato-protecteur.

Les résultats de l'étude histologique des organes après exposition à l'acétate de plomb pendant une semaine indiquent des modifications physiologiques telles qu'une dilatation des veines, des saignements, une nécrose de certaines cellules, une augmentation de la taille de certains noyaux avec infiltration et agrégation de lymphocytes conduisant à une inflammation. Après un prétraitement par l'extrait AGP pendant une période de 15 jours, il n'est observé aucun effet toxique du plomb ce qui implique une protection des tissus par les polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. gombo* contre les dommages causés par le plomb.

La présente étude note l'effet des polysaccharides hydrosolubles extraits d'*A. gombo* Bunge dans la réduction de stress oxydatif causé par l'exposition au plomb, en réparant les dommages oxydatifs par réduction de la peroxydation lipidique dans le foie, les reins, le cerveau et le sang, et par amélioration de la défense antioxydante dans les organes. De plus, il est observé un effet protecteur de l'extrait AGP vis-à-vis des modifications tissulaires associées au stress oxydatif.

Perspectives

Afin d'étudier les polysaccharides solubles extraits des feuilles d'*Astragalus gombo* Bunge, il est proposé d'améliorer les conditions de l'extraction, pour obtenir un rendement plus élevé de l'extrait de polysaccharide hydrosoluble, soit la température, le temps, le type et le pourcentage d'alcool ajouté lors de la précipitation des polysaccharides.

Il est souhaitable d'utiliser des techniques de purification des polysaccharides hydrosolubles pour étudier ses différentes propriétés biologiques. Ainsi, une utilisation de techniques avancées est importante pour la détermination de la structure moléculaire et la caractérisation structurale de l'extrait AGP d'*Astragalus gombo* Bunge, dont HPLC, CG/MS, RMN ...etc.

De plus, il est nécessaire de mener des études complémentaires des effets des polysaccharides sur d'autres activités biologiques, dont la plus importante est l'étendue de l'effet de l'extrait polysaccharidique AGP sur les problèmes rénales. Pour une meilleure évaluation des effets préventifs contre le plomb, il est préféré de faire appel aux autres paramètres physiologiques tels que les taux de GSH, GPX et SOD. De même, il est préférable d'étudier l'effet curatif de l'AGP contre les changements pathologiques observés après une intoxication au plomb (Pb).

REFERENCES

1. ABDOU, H. M., & HASSAN, M. A. (2014). Protective role of omega-3 polyunsaturated fatty acid against lead acetate-induced toxicity in liver and kidney of female rats. *BioMed research international*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/435857>.
2. ABDUL KADAR, N., RAHIM, N., YUSOF, R., AHMAD NASIR, N., & A HAMID, H. (2021). A review on potential of algae in producing biodegradable plastic. *International Journal Of Engineering Advanced Research*, 3(1), 13-26. <https://myjms.mohe.gov.my/index.php/ijear/article/view/12615>.
3. ACKERMAN, D. L., CRAFT, K. M., & TOWNSEND, S. D. (2017). Infant food applications of complex carbohydrates: structure, synthesis, and function. *Carbohydrate Research*, 437, 16-27. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2016.11.007>.
4. ADJEROUD, N., DAHMOUNE, F., MERZOUK, B., LECLERC, JP, & MADANI, K. (2015). Amélioration du traitement d'électrocoagulation-électroflottation des effluents par ajout de jus de tampon d'Opuntia ficus indica. *Technologie de séparation et de purification*, 144, 168-176 p.
5. AHMED, A. B. A., ADEL, M., KARIMI, P., & PEIDAYESH, M. (2014). Pharmaceutical, cosmeceutical, and traditional applications of marine carbohydrates. *Advances in food and nutrition research*, 73, 197-220. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-800268-1.00010-x>.
6. AIMAN SALEH A. MOHAMMED, MUHAMMAD NAVEED, NORBERT Jost, (2021), Polysaccharides; Classification, Chemical Properties, and Future Perspective Applications in Fields of Pharmacology and Biological Medicine (A Review of Current Applications and Upcoming Potentialities), *Journal of Polymers and the Environment* (2021) 29:2359–2371. <https://doi.org/10.1007/s10924-021-02052-2>.
7. ALAM, M. N., BRISTI, N. J., & RAFIUZZAMAN, M. (2013). Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi pharmaceutical journal*, 21(2), 143-152. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2012.05.002>.
8. ALAMI, S., LAMIN, H., BOUHNİK, O., EL FAIK, S., FILALI-MALTOUF, A., ABDELMOUMEN, H., ... & EL IDRISSE, M. M. (2019). Astragalus algarbiensis is nodulated by the genistearum symbiovar of Bradyrhizobium spp. in Morocco. *Systematic and applied microbiology*, 42(4), 440-447. <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2019.03.004>.
9. ALE, M. T., MIKKELSEN, J. D., & MEYER, A. S. (2011). Important determinants for fucoidan bioactivity: A critical review of structure-function relations and extraction methods for fucose-containing sulfated polysaccharides from brown seaweeds. *Marine drugs*, 9(10), 2106-2130. <https://doi.org/10.3390/md9102106>.

10. ALI, A., & AHMED, S. (2018). Carrageenans: structure, properties and applications. In *Marine Polysaccharides* (pp. 29-52). Jenny Stanford Publishing. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780429058929-3/carrageenans-structure-properties-applications-akbar-ali-shakeel-ahmed>.
11. ALMEIDA, R. R., MAGALHÃES, H. S., DE SOUZA, J. R., TREVISAN, M. T., VIEIRA, Í. G., FEITOSA, J. P., ... & RICARDO, N. M. (2015). Exploring the potential of *Dimorphandra gardneriana* galactomannans as drug delivery systems. *Industrial Crops and Products*, 69, 284-289. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.041>.
12. AMIRI, M. S., JOHARCHI, M. R., NADAF, M., & NASSEH, Y. (2020). Ethnobotanical knowledge of *Astragalus* spp.: The world's largest genus of vascular plants. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 10(2), 128. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7103437/>.
13. ANDRE, J. M., CATALA, M., MORERE, J. J., ESCUDIER, E., KATSANIS, G., & POIRIER, J. (2008). Histologie: les tissus. Faculté de Médecine, Université Pierre et Marie Curie, PAES) (2007–2008). [https://mcours.net/cours/pdf/scien/Histologie%20 les tissus.pdf](https://mcours.net/cours/pdf/scien/Histologie%20les%20tissus.pdf).
14. ANISHA, G. S., PADMAKUMARI, S., PATEL, A. K., PANDEY, A., & SINGHANIA, R. R. (2022). Fucoidan from marine macroalgae: Biological actions and applications in regenerative medicine, drug delivery systems and food industry. *Bioengineering*, 9(9), 472. <https://doi.org/10.3390/bioengineering9090472>.
15. AOUCHERI, O., & SAKA, S. (2021). Cytoprotective Effects of *Zingiber officinale* Against the Oxidative Stress Induced by Lead Acetate Toxicity in Rats. *Phytothérapie*, 19(5-6), 297-305. https://phyto.revuesonline.com/articles/lvphyto/abs/2021/05/lvphyto_2020_sprphyto_001215/lvphyto_2020_sprphyto001215.html
16. APOSTOLIDIS, E., KARAYANNAKIDIS, P. D., KWON, Y. I., LEE, C. M., & SEERAM, N. P. (2011). Seasonal variation of phenolic antioxidant-mediated α -glucosidase inhibition of *Ascophyllum nodosum*. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66, 313-319. <https://doi.org/10.1007/s11130-011-0250-4>.
17. AQEEL T., GURUMALLU S. C., BHASKAR A., HASHIMI S. M., LOHITH N. M., & JAVARAIAH R.(2021). Protective role of flaxseed lignan secoisolariciresinol diglucoside against lead-acetate-induced oxidative-stress-mediated nephrotoxicity in rats. *Phytomedicine Plus*, 1(3): 100038. <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2021.100038>

18. AQUINO, R. S., GRATIVOL, C., & MOURÃO, P. A. (2011). Rising from the sea: correlations between sulfated polysaccharides and salinity in plants. *PloS one*, 6(4), e18862. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018862>.
19. ARA, A., & USMANI, J. A. (2015). Lead toxicity: a review. *Interdisciplinary toxicology*, 8(2), 55-64. <https://sciendo.com/article/10.1515/intox-2015-0009>
20. ARLOV, Ø., RÜTSCHKE, D., ASADI KORAYEM, M., OZTÜRK, " E., & ZENOBI-WONG, M. (2021). Engineered Sulfated Polysaccharides for Biomedical Applications. *Advanced Functional Materials*, 31(19), 2010732. <https://doi.org/10.1002/adfm.202010732>.
21. AUGUSTINE, R., VENUGOPAL, B., SNIGDHA, S., KALARIKKAL, N., & THOMAS, S. (2015). Polyuronates and their application in drug delivery and cosmetics. *Green Polymers and Environmental Pollution Control*. Apple Academic Press, Oakville, 239-269.
22. AZANI, N., BABINEAU, M., BAILEY, C. D., BANKS, H., BARBOSA, A. R., PINTO, R. B., ... & ZIMMERMAN, E. (2017). A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny: The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). *taxon*, 66(1), 44-77. <https://doi.org/10.12705/661.3>
23. AZANI, N., BRUNEAU, A., WOJCIECHOWSKI, M. F., & ZARRE, S. (2019). Miocene climate change as a driving force for multiple origins of annual species in *Astragalus* (Fabaceae, Papilionoideae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 137, 210-221. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.05.008>.
24. AZMAN, N. A. M. (2022). Active biocomposite packaging films: Compatibility of carrageenan with cellulose nanofiber from empty fruit bunches. In *Industrial Applications of Nanocellulose and Its Nanocomposites Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering*, pp 311-326. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89909-3.00017-1>.
25. BAGHEL, R. S., REDDY, C. R. K., & SINGH, R. P. (2021). Seaweed-based cellulose: Applications, and future perspectives. *Carbohydrate Polymers*, 267, 118241. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118241>.
26. BAHİ, A. & NECİB, Y. (2015). L'effet Protecteur Des Antioxydants Naturels Dans L'intoxication Du Mercure Chez Le Rat Albinos Wistar. <https://www.theses-algerie.com/8120598641613719/these-de-doctorat/universite-freres-mentouri---constantine-1/l-effet-protecteur-des-antioxydants-naturels-dans-l-intoxication-du-mercure-chez-le-rat-albinos-wistar>.

27. BANCROFT, J., & GAMBLE, A. (2002). Theory and Practice of Histological Techniques.(5th edn). Churchill, Livingstone, New York and London, USA, 165-180.
28. BARBOSA, J. R., & DE CARVALHO JUNIOR, R. N. (2021). Polysaccharides obtained from natural edible sources and their role in modulating the immune system: Biologically active potential that can be exploited against COVID-19. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 223–235. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.12.026>.
29. BASIRI, S., HAIDARY, N., SHEKARFOROUSH, S. S., & NIAKOUSARI, M. (2018). Flaxseed mucilage: A natural stabilizer in stirred yogurt. *Carbohydrate Polymers*, 187, 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.01.049>.
30. BELLEBCIR, L., ABIDLI, N., NASRI, M., KHORCHANI, T., MABROUK, M., ZOUARI, N., & HAJJI, M. (2022). Phytochemical, Biological and Pharmacological Investigation in Various Extracts from Astragalus gombo Coss & Dur L. Ex-Bunge. *South Asian Journal of Experimental Biology*, 12(1), 94-107. [http://dx.doi.org/10.38150/sajeb.12\(1\).p94-107](http://dx.doi.org/10.38150/sajeb.12(1).p94-107).
31. BEN YOUNES, M & TELLI, E.H. (2020). Caractérisation partielle et activités biologiques de l'extrait de polysaccharides issus des feuilles d'Astragalus armatus (Doctoral dissertation, université kasdi Merbah Ouargla). <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/29068>.
32. BENCHELAH, A. C., BOUZIANE, H., MAKE, M., OUAHÈS, C., (2000). Fleurs du Sahara. Paris, Ibis, Press.
33. BENFERDIA, S., RAHMANI, Z., BELFAR, A., CHERBI, R., MESSAOUDI, A., & SAÏDI, M. (2021). Phytochemical composition and antioxidant activity of Algerian Astragalus gombo stems. *Bulgarian Chemical Communications*, 307. http://www.bcc.bas.bg/bcc_volumes/Volume_53_Number_3_2021/bcc-53-3-307-312-benferdia-535.pdf.
34. BEWLEY, J. D., BRADFORD, K., & HILHORST, H. (2012). Seeds: physiology of development, germination and dormancy. *Springer Science & Business Media*. <https://books.google.com/books?hl=ar&lr=&id=eVsZ8a-GmSwC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Seeds:+Physiology+of+Development,+Germination+and+Dormancy.+New+York:+Springer&ots=WZh5ugzD5N&sig=0ZAKYxjh4yGdWVH6gcqnIIVZx2s>.
35. BILAN, M. I., GRACHEV, A. A., USTUZHANINA, N. E., SHASHKOV, A. S., NIFANTIEV, N. E., & USOV, A. I. (2002). Structure of a fucoidan from the brown

- seaweed *Fucus evanescens* C. Ag. *Carbohydrate research*, 337(8), 719-730. [https://doi.org/10.1016/S0008-6215\(02\)00053-8](https://doi.org/10.1016/S0008-6215(02)00053-8).
36. BILAN, M. I., GRACHEV, A. A., USTUZHANINA, N. E., SHASHKOV, A. S., NIFANTIEV, N. E., & USOV, A. I. (2004). A highly regular fraction of a fucoidan from the brown seaweed *Fucus distichus* L. *Carbohydrate research*, 339(3), 511-517. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2003.10.028>.
 37. BISHT, S., KANT, R., & KUMAR, V. (2013). α -d-Glucosidase inhibitory activity of polysaccharide isolated from *Acacia tortilis* gum exudate. *International journal of biological macromolecules*, 59, 214-220. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.04.057>.
 38. BLEICHER-BARDELETTI, F., DUCLOS, B., & VAMECQ, J. (2014). Biochimie tout le cours en fibres hience. *PAces-UE1–CARES. Dunod. P*, 30-33.
 39. BORAH, P., & BANIK, B. K. (2020). Medicinal plants and their compounds with anticancer properties. In *Green Approaches in Medicinal Chemistry for Sustainable Drug Design* (pp. 759-776). Elsevier.. <https://doi:10.1016/b978-0-12-817592-7.00023>.
 40. BOUAL, Z. (2009). Contribution à l'étude des polysaccharides de quelques plantes spontanées à caractère médicinal de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional Est Algérien) (Doctoral dissertation).
 41. BOUAL, Z., PIERRE, G., DELATTRE, C., BENAOUN, F., PETIT, E., GARDARIN, C., ... & EL HADJ, M. D. O. (2015). Mediterranean semi-arid plant *Astragalus armatus* as a source of bioactive galactomannan. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 5(1), 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2014.11.002>.
 42. BOUAZIZ, F., KOUBAA, M., GHORBEL, R. E., & CHAABOUNI, S. E. (2016). Recent advances in Rosaceae gum exudates: From synthesis to food and non-food applications. *International Journal of biological macromolecules*, 86, 535-545. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.01.081>.
 43. BOUKEMARA, H. (2016). Effet de deux plantes médicinales *Anvillea garcinii* et *Zygophyllum gaetulum* sur le système immunitaire (Doctoral dissertation).
 44. BOUSSEKINE, S., BOUZERNA, N., & ROUABHI, R. (2014). Protective effect of selenium supplementation on antioxidant defence and cardiovascular diseases in alloxan diabetic rats. *Int J Biosci*, 4, 1 10 . <https://dx.doi.org/10.12692/ijb/4.5.1-10>.
 45. CALIGUR, V. (2008). Dextran and related polysaccharides. *BioFiles*, 3(10), 17.
 46. CARROLL, M. C., & FISCHER, M. B. (1997). Complement and the immune response. *Current opinion in immunology*, 9(1), 64-69. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0952791597801604>.

47. CASTELLINO, N. (1963). Acquisitions récentes en toxicologie industrielle au moyen de radio-isotopes Contribution a l'Etude du Métabolisme du Pb 210. *Internationales Archiv für Gewerbepathologie und Gewerbehygiene*, 20, 237-252. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00383685>
48. CHAÏCH, K. (2018). Diversité des associations Rhizobium-Légumineuses de quelques espèces spontanées du Sahara septentrional (Doctoral dissertation). <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/17779>.
49. CHEHMA ABD EL MAJID (2006) Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional, Algérie, 82p.
50. CHEN, H., SUN, J., LIU, J., GOU, Y., ZHANG, X., WU, X., ... & JIN, C. (2019). Structural characterization and anti-inflammatory activity of alkali-soluble polysaccharides from purple sweet potato. *International journal of biological macromolecules*, 131, 484-494. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.126>.
51. CHEVOLOT, L., MULLOY, B., RATISKOL, J., FOUCAULT, A., & COLLIEC-JOUAULT, S. (2001). A disaccharide repeat unit is the major structure in fucoidans from two species of brown algae. *Carbohydrate Research*, 330(4), 529-535. [https://doi.org/10.1016/S0008-6215\(00\)00314-1](https://doi.org/10.1016/S0008-6215(00)00314-1).
52. CHIDOUH, A., AOUADI, S., & HEYRAUD, A. (2014). Extraction, fractionation and characterization of water-soluble polysaccharide fractions from myrtle (*Myrtus communis* L.) fruit. *Food Hydrocolloids*, 35, 733-739. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.08.001>
53. CHIVRAC, F., ANGELLIER-COUSSY, H., GUILLARD, V., POLLET, E., & AVEROUS, L. (2010). How does water diffuse in starch/montmorillonite nanobiocomposite materials?. *Carbohydrate Polymers*, 82(1), 128-135. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.04.036>.
54. CHOUANA, T. (2017). Caractérisation structurale et activités biologiques des polysaccharides structurale et activités biologiques des polysaccharides d'Astragalus gombo bunge (Doctoral dissertation, Université Clermont Auvergne). <https://www.theses.fr/2017CLFAC112>.
55. CHOUANA, T., PIERRE, G., VIAL, C., GARDARIN, C., WADOUACHI, A., CAILLEU, D., ... & DELATTRE, C. (2017). Structural characterization and rheological properties of a galactomannan from *Astragalus gombo* Bunge seeds harvested in Algerian

- Sahara. *Carbohydrate polymers*, 175, 387-394.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.003>.
56. CHRESTANI, F., SIERAKOWSKI, M. R., DE ANDRADE UCHOA, D. E., NOZAWA, C., SASSAKI, G. L., GORIN, P. A. J., & ONO, L. (2009). In vitro antiherpetic and antirotaviral activities of a sulfate prepared from Mimosa scabrella galactomannan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 45(5), 453-457.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2009.09.003>.
57. CHRISTENHUSZ, M. J., & BYNG, J. W. (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 261(3), 201-217.
<https://doi.org/10.11646/phytotaxa.261.3.1>.
58. CIRIMINNA, R., FIDALGO, A., SCURRIA, A., ILHARCO, L. M., & PAGLIARO, M. (2022). Pectin: New science and forthcoming applications of the most valued hydrocolloid. *Food Hydrocolloids*, 127, 107483.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107483>.
59. COLLIEC-JOUAULT S., ZANCHETTA P., HELLEY D., RATISKOL J., SINQUIN C., FISCHER A. M. AND GUEZENNEC J. (2004). Les polysaccharides microbiens d'origine marine et leur potentiel en thérapeutique humaine. *Pathologie Biologie*. 52, (3). Pages 127-130.
https://www.academia.edu/download/42755890/Microbial_polysaccharides_of_marine_orig20160217-12550-12jc945.pdf.
60. COULIBALY, O. S., KONE, M., & OUATTARA, A. (2022). Effets des extraits aqueux et éthanolique des graines fermentées de *Parkia biglobosa* (Mimosaceae) sur quelques marqueurs du stress oxydatif chez les rats rendus hypertendus. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(6), 2506-2515.
<https://doi.org/10.4314/ijbcs.v16i6.4>.
61. COVIS, R. (2011). Synthèse de polysaccharides amphiphiles à partir de dextrane et application à la stabilisation d'émulsions directes et inverses. (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine). *Institut national polytechnique de Lorraine*.
http://docnum.univ-lorraine.fr/public/INPL/2011_COVIS_R.pdf.
62. CRINI, G., BADOT, P. M., ROBERTS, G. A., & GUIBAL, E. (2009). *Chitine et chitosane: du biopolymère à l'application*. Presses Univ. Franche-Comté, PP: 21.
<https://books.google.com/books?hl=ar&lr=&id=LHK3ZGbDHJMC&oi=fnd&pg=PA13&dq=Chitine+et+chitosane:+du+biopolym%C3%A9re+%C3%A0++l%E2%80%99appli>

- [cation.+Chitine+et+chitosane.+Pr%C3%A9paration,+propri%C3%A9t%C3%A9s+et+principales+applications&ots=urjUC2-KPU&sig=gsH7hZpT5RIkT9amRXfUAaDie5Y.](#)
63. CUI, F., ZHAO, S., GUAN, X., MCCLEMENTS, D. J., LIU, X., LIU, F., & NGAI, T. (2021). Polysaccharide-based Pickering emulsions: Formation, stabilization and applications. *Food Hydrocolloids*, 119, 106812. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106812>.
64. CUI, W., MAZZA, G., & BILIADERIS, C. G. (1994). Chemical structure, molecular size distributions, and rheological properties of flaxseed gum. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(9), 1891-1895. <https://doi.org/10.1021/jf00045a012>.
65. DAHMANE, D., DOB, T., KRIMAT, S., NOUASRI, A., METIDJI, H., & KSOURI, A. (2017). Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the essential oils of medicinal plant *Ammodaucus leucotrichus* from Algeria. *Journal of Essential oil Research*, 29(1), 48-55. <https://doi.org/10.1080/10412905.2016.1201015>.
66. DARGE, H. F., ANDRGIE, A. T., TSAI, H. C., & LAI, J. Y. (2019). Polysaccharide and polypeptide based injectable thermo-sensitive hydrogels for local biomedical applications. *International journal of biological macromolecules*, 133, 545-563. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.131>.
67. DE PADUA, M. M. C., CADENA, S. M. S. C., DE OLIVEIRA PETKOWICZ, C. L., MARTINEZ, G. R., & NOLETO, G. R. (2017). Galactomannan from *Schizolobium amazonicum* seed and its sulfated derivatives impair metabolism in HepG2 cells. *International journal of biological macromolecules*, 101, 464-473. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.090>.
68. DE TASSO MOREIRA RIBEIRO, RAYANE. (2014). Storage mobilization during germination and seedling establishment of *Macrolobium aciifolium* Benth. (Leguminosae) and its role on the adaptation to the inundation pulses in the Amazon. <https://doi.org/10.11606/D.41.2014.tde-11072014-095300>.
69. DE WITT, H. 1963. Les plantes du monde. Ed. Hachette, Paris, 339p.
70. DEL MONTE, U. (2005). Swelling of hepatocytes injured by oxidative stress suggests pathological changes related to macromolecular crowding. *Medical hypotheses*, 64(4), 818-825. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306987704005298>.
71. DELATTRE, C., PIERRE, G., PETERA, B., CHOUANA, T., BOUAL, Z., GARDARIN, C., ... & MICHAUD, P. (2017, November). De l'histoire de l'ethnobotanisme en Afrique vers la découverte de nouvelles sources de polysaccharides actifs. In *Séminaire International POLYSAC 2017*. <https://www.researchgate.net/profile/Guillaume-Pierre->

- [4/publication/323907727](https://doi.org/10.3390/publication/323907727) [De l'histoire de l'ethnobotanisme en Afrique vers la decouverte de nouvelles sources de polysaccharides actifs/links/5ab24349458515eecedca4/De-lhistoire-de-lethnobotanisme-en-Afrique-vers-la-decouverte-de-nouvelles-sources-de-polysaccharides-actifs.pdf](https://doi.org/10.3390/publication/323907727).
72. DELOULE, V., BOISSET, C., HANNANI, D., SUAOU, A., LE GOUELLEC, A., CHROBOCZEK, J., TOUSSAINT, B. (2020). Prebiotic role of softwood hemicellulose in healthy mice model. *Journal of Functional Foods*, 64, 103688. https://books.google.dz/books?hl=ar&lr=&id=5mX8DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA65&dq=le+structure+de+hemicellulose&ots=zetvo4uPGJ&sig=jNIyj1E6jdRSbPJ4vfhGkSZp3w&redir_esc=y#v=onepage&q=le%20structure%20de%20hemicellulose&f=false.
 73. DEROUICHE, S., ZEGHIB, K., GHERBI, S., & KHELEF, Y. (2019). Protective effects of Aristolochia longa and Aquilaria malaccensis against lead-induced oxidative stress in rat cerebrum. *Asian Journal of Research in Pharmaceutical Science*, 9(1), 57-63. <http://dx.doi.org/10.5958/2231-5659.2019.00010.9>.
 74. DEROUICHE, S., ZEGHIB, K., GHARBI, S., KHELEF, Y. & FERIANI, A. (2017). Protective effects of Aristolochia longa and Aquilaria malaccensis against lead induced acute liver injury in rats. *Journal of Acute disease*, 6(5), 193. <https://doi.org/10.4103/2221-6189.219611>.
 75. DI LORENZO, F., SILIPO, A., MOLINARO, A., PARRILLI, M., SCHIRALDI, C., D'AGOSTINO, A., LANZETTA, R. (2017). The polysaccharide and low molecular weight components of Opuntia ficus indica cladodes: Structure and skin repairing properties. *Carbohydrate polymers*, 157, 128-136. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.09.073>.
 76. DIALLO, D., SANOGO, R., YASAMBOU, H., TRAORE, A., COULIBALY, K., & MAÏGA, A. (2004). Étude des constituants des feuilles de Ziziphus mauritiana Lam. (Rhamnaceae), utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali. *Comptes Rendus Chimie*, 7(10-11), 1073-1080. <https://doi.org/10.1016/j.crci.2003.12.035>.
 77. DIALLO, I. (2019). Potentiels anti-oxydants et anti-inflammatoires de sporophores de Lentinula edodes (Shiitake) sous différentes conditions de culture (Doctoral dissertation, Université Montpellier). 14 P. <https://theses.hal.science/tel-02481192/>.
 78. DÍAZ-MONTES, E. (2022). Polysaccharides: Sources, Characteristics, Properties, and Their Application in Biodegradable Films. *Polysaccharides* 2022, 3, 480–501. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides3030029>.

79. DJAFAR, S & MEZERREG I; (2018), Les activités biologiques des polysaccharides; Mentouri Brothers University of Constantine Collège Aum de la nature et de la vie, pp 37.
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjQpOeN7cfAhU8iv0HHZQIBgIQFnoECA0QAQ&url=https%3A%2F%2Ffac.umc.edu.dz%2Fsnv%2Ffaculte%2Fbiblio%2Fmmf%2F2016%2F212.pdf&usg=AOvVaw1qCQOt34hojdb-mcyWtALG>.
80. DJOUDAD-KADJI, H., BENSLIMANE, S., CHEVALIER, C., KADJI, B., EXBRAYAT, J. M., & IGUER-OUADA, M. (2011). Visualisation des coupes histologiques des follicules ovariens de barbus callensis variation de fixateurs et de colorants. *Rev. fr. histotechnol*, 24(1), 21-28.
https://www.academia.edu/download/33784099/Kadji_et_al._2011_AFH.pdf
BANCROF, J., & GAMBLE, A. (2002). Theory and Practice of Histological Techniques.(5thedn). *Churchil, Livingstone, NewYork and London, USA*, 165-180.
81. DOMIATI. S., EL-MALLAH. A., GHONEIM. A., BEKHIT. A & EL RAZIK. H.A., (2016). Evaluation of anti-inflammatory, analgesic activities, and side effects of some pyrazole derivatives. *Inflammopharmacology*, 24, 163–172.
82. DOS SANTOS, V. R. F., SOUZA, B. W. S., TEIXEIRA, J. A., VICENTE, A. A., & CERQUEIRA, M. A. (2015). Relationship between galactomannan structure and physicochemical properties of films produced thereof. *Journal of food science and technology*, 52, 8292-8299. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1961-6>.
83. DUPONT F. AND GUIGNARD J.L. (2007). Abrégé de Botanique 14ème édition. Editions Masson, Paris; 285 p.
84. EBRINGEROVA, A., KARDOSOVA, A., HROMADKOVA, Z., & HRÍBALOVA, V. (2003). Mitogenic and comitogenic activities of polysaccharides from some European herbaceous plants. *Fitoterapia*, 74(1-2), 52-61. [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(02\)00295-2](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(02)00295-2).
85. EL KHADEM, H. S. (2003). Carbohydrates. *Encyclopedia of Physical Science and Technology*, 369–416. <https://doi.org/10.1016/b0-12-227410-5/00080-6>.
86. EL-NEWESHY, M. S., & EL-SAYED, Y. S. (2011). influence of vitamin c supplementation on lead-induced histopathological alterations in male rats. *experimental and toxicologic pathology*, 63(3), 221-227.
[HTTPS://WWW.SCIENCEDIRECT.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S094029930900298X](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S094029930900298X).

87. EL-SABER BATIHA, G., MAGDY BESHBIHY, A., EL-MLEE, A., M. Abdel-Daim, M., & PRASAD DEVKOTA, H. (2020). Traditional uses, bioactive chemical constituents, and pharmacological and toxicological activities of *Glycyrrhiza glabra* L. (Fabaceae). *Biomolecules*, 10(3), 352. <https://doi.org/10.3390/biom10030352>.
88. EMRAN, T. B., ISLAM, F., MITRA, S., PAUL, S., NATH, N., KHAN, Z., DAS, R., CHANDRAN, D., SHARMA, R., LIMA, C. M. G., AWADH, A. A. A., ALMAZNI, I. A., ALHASANIAH, A. H., & GUINÉ, R. P. F. (2022). Pectin: A Bioactive Food Polysaccharide with Cancer Preventive Potential. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(21), 7405. <https://doi.org/10.3390/molecules27217405>.
89. ENDE, W. V. D. (2013). Multifunctional fructans and raffinose family oligosaccharides. *Frontiers in plant science*, 4, 247. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00247>.
90. FELKAI-HADDACHE, L., REMINI, H., DULONG, V., MAMOU-BELHABIB, K., PICTON, L., MADANI, K., & RIHOUEY, C. (2016). Extraction conventionnelle et assistée par micro-ondes des mucilages des cladodes d'*Opuntia ficus-indica* : propriétés physico-chimiques et rhéologiques. *Technologie alimentaire et bioprocédés*, 9 (3), 481-492.
91. FERNANDEZ-LAINEZ, C., AKKERMAN, R., OERLEMANS, M. M. P., LOGTENBERG, M. J., SCHOLS, H. A., SILVA-LAGOS, L. A., ... & DE VOS, P. (2022). β -(2 $\rightarrow$ 6)-Type fructans attenuate proinflammatory responses in a structure dependent fashion via Toll-like receptors. *Carbohydrate polymers*, 277, 118893. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118893>.
92. FERREIRA, A. S., FERREIRA, S. S., CORREIA, A., VILANOVA, M., SILVA, T. H., COIMBRA, M. A., & NUNES, C. (2020). Reserve, structural and extracellular polysaccharides of *Chlorella vulgaris*: A holistic approach. *Algal Research*, 45, 101757. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101757>.
93. FITTOLANI, G., SEEBERGER, P. H., & DELBIANCO, M. (2020). Helical polysaccharides. *Peptide Science*, 112(1), e24124. <https://doi.org/10.1002/pep2.24124>.
94. FLOCH, A., JOURDES, M., & TEISSEDER, P. L. (2015). Polysaccharides and lignin from oak wood used in cooperage: Composition, interest, assays: A review. *Carbohydrate research*, 417, 94-102. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2015.07.003>.
95. FONTAINE, T & LATGE J-P. (2020). Galactomannan Produced by *Aspergillus fumigatus*: An Update on the Structure, Biosynthesis and Biological Functions of an Emblematic Fungal Biomarker. *Journal of Fungi*. 6(4):283. <https://doi.org/10.3390/jof6040283>.

96. FOUDAH, A. I., SOLIMAN, G. A., ABDEL-RAHMAN, R. F., ALANKUS-ÇALISKAN, Ö., & YUSUFOGLU, H. (2017). Antioxidant and hepatoprotective effects of *Astragalus echinops* and *Astragalus logopodioides* ethanolic extracts on paracetamol-induced liver injury in rats. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 14(5), 31-40. <https://www.ajol.info/index.php/ajtcam/article/view/166785>.
97. GARG D.P., BHALLA P., KIRAN R., BANSAL A.K., & DHAWAN D.K., (2009). Vitamin E-mediated protection in methomyl induced alterations in rat liver. *Toxicological and Environmental Chemistry*. 91(4): 685-698. <https://doi.org/10.1080/02772240802386031>.
98. GARGOURI M., AMARA I. B. E. N., KSOURI R., ZEGHAL K. M., FEKI A. E. L., MAGNE C., & HAKIM A.(2015). Impact de deux plantes halophytes sur l'hépatotoxicité induite par le plomb chez le rat male adulte. *Journal de l'Information Médicale de Sfax*, N°21/22, 72–80. <https://www.medecinesfax.org/useruploads/files/numero21-22.pdf>
99. GERONÇO MS, DA SILVEIRA RAMOS IF, DA SILVA FILHO EC, DOS SANTOS RIZZO M, RIBEIRO AB, DA COSTA MP. (2021). Are Structurally Modified Galactomannan Derivatives Biologically Active? *Polysaccharides*. 2(1):1-15. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides2010001>.
100. GHERIBI, R., PUCHOT, L., VERGE, P., JAOUED-GRAYAA, N., MEZNI, M., HABIBI, Y., & KHWALDIA, K. (2018). Development of plasticized edible films from *Opuntia ficus-indica* mucilage: A comparative study of various polyol plasticizers. *Carbohydrate polymers*, 190, 204–211. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.02.085>.
101. GIDLEY, M. J., & REID, J. G. (2006). Galactomannans and other cell wall storage polysaccharides in seeds. *Food polysaccharides and their applications*, 26, 181-215. [https://books.google.com/books?hl=ar&lr=&id=UInMBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA181&dq=Galactomannans+and+other+cell+wall+storage+polysaccharides+in+seeds,+in:+A.M.+STEPHEN,+G.O.+PHILLIPS,+P.A.+Williams+\(Eds.\),+Food+Polysaccharides+and+Their+Applications,+CRC+Press,+Boca+Raton&ots=D_kSab-yC0&sig=LngXvV9lMSS-zjy9nH_atdr3tM4](https://books.google.com/books?hl=ar&lr=&id=UInMBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA181&dq=Galactomannans+and+other+cell+wall+storage+polysaccharides+in+seeds,+in:+A.M.+STEPHEN,+G.O.+PHILLIPS,+P.A.+Williams+(Eds.),+Food+Polysaccharides+and+Their+Applications,+CRC+Press,+Boca+Raton&ots=D_kSab-yC0&sig=LngXvV9lMSS-zjy9nH_atdr3tM4).
102. GOLMOHAMMADI, F. (2013). A viewpoint toward medical plant of *Astragalus* and its main characteristics, products and economical importance in Iran (Case study: Boldaji and lake Choghakhor in Chaharmahal and Bakhtiari Province). *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3(Special Issue), 3702-3721. <https://www.cabdirect.org/globalhealth/abstract/20143096463>.

103. GOMES, G., SILVA, G. S., DOS SANTOS SILVA, D. L., DE OLIVEIRA, R. R., & DA CONCEIÇÃO, G. M. (2018). Botanical composition of Fabaceae family in the Brazilian Northeast, Maranhão, Brazil. *Asian Journal of Environment & Ecology*, 6(4) 1-10. https://www.researchgate.net/profile/Domingos-Lucas-Dos-Santos-Silva/publication/325338554_Botanical_Composition_of_Fabaceae_Family_in_the_Brazilian_Northeast_Maranhao_Brazil/links/5b32a8e70f7e9b0df5ccb861/Botanical-Composition-of-Fabaceae-Family-in-the-Brazilian-Northeast-Maranhao-Brazil.pdf.
104. GORAI, D., JASH, S. K., & ROY, R. (2016). Flavonoids from Astragalus genus. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 7(7), 2732. https://www.researchgate.net/profile/Shyamal-Jash/publication/307597810_Flavonoids_from_Astragalus_Genus/links/57cbd4c008ae89cd1e845bb0/Flavonoids-from-Astragalus-Genus.pdf.
105. GOTTELAND, M., RIVEROS, K., GASALY, N., CARCAMO, C., MAGNE, F., LIABEUF, G., ... & ROSENFELD, S. (2020). The pros and cons of using algal polysaccharides as prebiotics. *Frontiers in Nutrition*, 7, 163. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00163>.
106. GRANADA, C. E., BENEDUZI, A., LISBOA, B. B., TURCHETTO-ZOLET, A. C., VARGAS, L. K., & PASSAGLIA, L. M. (2015). Multilocus sequence analysis reveals taxonomic differences among Bradyrhizobium sp. symbionts of Lupinus albus plants growing in arenized and non-arenized areas. *Systematic and applied microbiology*, 38(5), 323-329. <http://dx.doi.org/10.1016/j.syapm.2015.03.009>.
107. GUILLOUTY, A. (2016). Plantes médicinales et antioxydants. thèse de doctorat. Université toulouse III paulsabatie. 95p.
108. GÜRER, H., ÖZGÜNES, H., NEAL, R., SPITZ, D. R., & ERÇAL, N. (1998). Antioxidant effects of N-acetylcysteine and succimer in red blood cells from lead-exposed rats. *Toxicology*, 128(3), 181-189. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300483X98000742>.
109. HA, H. T., CUONG, D. X., THUY, L. H., THUAN, P. T., TUYEN, D. T. T., MO, V. T., & DONG, D. H. (2022). Carrageenan of red algae Eucheuma gelatinae: extraction, antioxidant activity, rheology characteristics, and physicochemistry characterization. *Molecules*, 27(4), 1268. <https://doi.org/10.3390/molecules27041268>.
110. HAMES, B., HOOPER, M & HOUGHTON, J. (2006). Chapitre J : Métabolisme d'un glucide. L'essentiel en Biochimie. Ed, Berti. Paris. 249-287p.

111. HAOUAS, Z., SALLEM, A., ZIDI, I., HICHRI, H., MZALI, I., & MEHDI, M. (2014). Hepatotoxic effects of lead acetate in rats: histopathological and cytotoxic studies. *Journal of Cytology & Histology*, 5(5), 1. <https://doi.org/10.4172/2157-7099.1000256>.
112. HASSAN, L. K., HAGGAG, H. F., ELKALYOUBI, M. H., ABD EL-AZIZ, M., EL-SAYED, M. M., & SAYED, A. F. (2015). Physico-chemical properties of yoghurt containing cress seed mucilage or guar gum. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(1), 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2014.11.021>.
113. HE, P. F., HE, L., ZHANG, A. Q., WANG, X. L., QU, L., & SUN, P. L. (2017). Structure and chain conformation of a neutral polysaccharide from sclerotia of *Polyporus umbellatus*. *Carbohydrate polymers*, 155, 61-67. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.08.041>.
114. HEEBA, G.H & MORSY, M.A (2015). Fucoïdan ameliorates steatohepatitis and insulin resistance by suppressing oxidative stress and inflammatory cytokines in experimental non-alcoholic fatty liver disease. *Environmental toxicology and pharmacologie*. 40, 907–914.
115. HENNEN G. (2006). Biochimie approche bioénergétique et médicale. 4ème Ed : Dunod. P: 17-18.
116. HOU, G., SURHIO, M. M., YE, H., GAO, X., YE, Z., LI, J., & YE, M. (2019). Protective effects of a *Lachnum* polysaccharide against liver and kidney injury induced by lead exposure in mice. *International journal of biological macromolecules*, 124, 716-723. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813018341618>.
117. HU, H., ZHAO, Q., XIE, J., & SUN, D. (2019). Polysaccharides from pineapple pomace: new insight into ultrasonic-cellulase synergistic extraction and hypoglycemic activities. *International journal of biological macromolecules*, 121, 1213-1226 <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.054>.
118. ILIĆ, S., STOJILJKOVIĆ, N., VELJKOVIĆ, M., VELJKOVIĆ, S., & STOJANOVIĆ, G. (2014). Protective effect of quercetin on cisplatin-induced nephrotoxicity in rats. *Facta Universitatis, Series: Medicine and Biology*, 16(2), 71-75. <http://casopisi.junis.ni.ac.rs/index.php/FUMedBiol/article/view/474>.
119. INAMUDDIN. MOHD IMRAN AHAMED., RAJENDER, BODDULA., ET TARIQ, ALTALHI. (2021). Polysaccharides: Properties and Applications. (205-220). <https://www.ummtto.dz/dspace/handle/ummtto/17030>.
120. JAULNEAU, V., LAFITTE, C., JACQUET, C., FOURNIER, S., SALAMAGNE, S., BRIAND, X., ... & DUMAS, B. (2010). Ulvan, a sulfated polysaccharide from green

- algae, activates plant immunity through the jasmonic acid signaling pathway. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2010. <https://doi.org/10.1155/2010/525291>.
121. JIAN, H., QIAO, F., CHEN, J., & HE, N. (2017). Physicochemical characterisation of polysaccharides from the seeds and leaves of miracle fruit (*Synsepalum dulcificum*) and their antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities in vitro. *Journal of Chemistry*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8948639>.
 122. JOMOVA, K., & VALKO, M. (2011). Advances in metal-induced oxidative stress and human disease. *Toxicology*, 283(2-3), 65-87. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300483X11000886>.
 123. KAEWMANEE, T., BAGNASCO, L., BENJAKUL, S., LANTERI, S., MORELLI, C. F., SPERANZA, G., & COSULICH, M. E. (2014). Characterisation of mucilages extracted from seven Italian cultivars of flax. *Food chemistry*, 148, 60-69. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.022>.
 124. KAKAR, M. U., NAVEED, M., SAEED, M., ZHAO, S., RASHEED, M., FIRDOS, S., & DAI, R. (2020). A review on structure, extraction, and biological activities of polysaccharides isolated from *Cyclocarya paliurus* (Batalin) Iljinskaja. *International Journal of Biological Macromolecules*, 156, 420-429. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04>.
 125. KAMALI, H., & MOHRI, M. (2015). Effects of heparin, citrate, and EDTA on plasma biochemistry of cat: comparison with serum. *Revue Med Vet*, 166(9-10), 275-9. https://www.researchgate.net/profile/Mehrdad-Mohri/publication/282977524_Effects_of_heparin_citrate_and_EDTA_on_plasma_biochemistry_of_cat_comparison_with_serum/links/5624fd9f08aed8dd19495625/Effects-of-heparin-citrate-and-EDTA-on-plasma-biochemistry-of-cat-comparison-with-serum.pdf.
 126. KAN, J., QIAN, C. ... & Jin, C. (2020). Anti-inflammatory activity of a water-soluble polysaccharide from the roots of purple sweet potato. *RSC advances*, 10(65), 39673-39686.
 127. KASPERCZYK, A., MACHNIK, G., DOBRAKOWSKI, M., SYPNIEWSKI, D., BIRKNER, E., & KASPERCZYK, S. (2012). Gene expression and activity of antioxidant enzymes in the blood cells of workers who were occupationally exposed to lead. *Toxicology*, 301(1-3), 79-84. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300483X12002697>.
 128. KHATEIB, B. R. M., & KHAFAGY, M. (2023). Study the Potential Protective Effect of Ethanolic Extract of Coriander (*Coriandrum sativum*) Leaves and Seeds Against Lead

- Toxicity in Rats. *Journal of Research in the Fields of Specific Education*, 9(44), 2653-2683. <https://doi.org/10.21608/jedu.2022.169240.1762>.
129. KIM, J. H., LEE, J. E., KIM, K. H., & KANG, N. J. (2018). Beneficial effects of marine algae-derived carbohydrates for skin health. *Marine drugs*, 16(11), 459 <https://doi.org/10.3390/md16110459>.
130. KIRKEBØEN, K. A., & STRAND, Ø. A. (1999). The role of nitric oxide in sepsis—an overview. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 43(3), 275-288. <https://doi.org/10.1034/j.1399-6576.1999.430307.x>.
131. KIRKMAN, H. N., ROLFO, M., FERRARIS, A. M., & GAETANI, G. F. (1999). Mechanisms of protection of catalase by NADPH: kinetics and stoichiometry. *Journal of Biological Chemistry*, 274(20), 13908-13914. <https://doi.org/10.1074/jbc.274.20.13908>.
132. KUM C, KIRAL F, SEKKIN S, SEYREK K & BOYACIOGLU M (2007). Effects of Xylene and Formaldehyde Inhalation on Oxidative Stress in Adult and Developing Rats Livers. *Exp Anim*; 56(1): 35-42. https://www.jstage.jst.go.jp/article/expanim/56/1/56_1_35/_article/-char/ja/
133. KURT-CELEP, İ., ZENGİN, G., SINAN, K. İ., AK, G., ELBASAN, F., YILDIZTUGAY, E. ... & MAHOMOODALLY, M. F. (2021). Comprehensive evaluation of two *Astragalus* species (*A. campylosema* and *A. hirsutus*) based on biological, toxicological properties and chemical profiling. *Food and Chemical Toxicology*, 154, 112330. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112330>.
134. LAHAYE, M., BRUNEL, M., & BONNIN, E. (1997). Fine chemical structure analysis of oligosaccharides produced by an ulvan-lyase degradation of the water-soluble cell-wall polysaccharides from *Ulva* sp. (Ulvales, Chlorophyta). *Carbohydrate research*, 304(3-4), 325-333. [https://doi.org/10.1016/S0008-6215\(97\)00270-X](https://doi.org/10.1016/S0008-6215(97)00270-X).
135. LAIB, I. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles using *Helianthemum lippii* extracts (HI-NPs): Characterization, antioxidant and antibacterial activities, and study of interaction with DNA. *Journal of Organometallic Chemistry*, 986, 122619. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022328X23000074>.
136. LEMITA, L. (2022). Hépatotoxité mixte par le spinosad et le plomb et effet protecteur des huiles essentielles du fenouil chez le rat wistar (Doctoral dissertation). <http://dspace.univ-tebessa.dz:8080/xmlui/handle/123456789/3877>.
137. LETISSE, F., & LINDLEM, N. D. (2000). Quantification des contraintes nutritionnelles et métaboliques associées à la production de gomme xanthane par *Xanthomonas campestris* (Doctoral dissertation, Institut National des Sciences Appliquées de

- Toulouse).p 8. <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=203307>
138. LEWIS, G., SCHRIRE, B., MACKINDER, B., & LOCK, M. (2005). Legumes of the World. Royal Botanic Gardens, Kew. *Edinb. J. Bot*, 62, 195-196.
139. LI, C., & HU, Z. (2020). Is liver glycogen fragility a possible drug target for diabetes?. *The FASEB Journal*, 34(1), 3-15. <https://doi.org/10.1096/fj.201901463rr>.
140. LI, S., LIU, H., WANG, W., WANG, X., ZHANG, C., ZHANG, J & JIA L. (2018). Antioxidant and anti-aging effects of acidic-extractable polysaccharides by *Agaricus bisporus*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 106, 1297–1306. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.08.135>.
141. LIM, C., YUSOFF, S., NG, C. G., LIM, P. E., & CHING, Y. C. (2021). Bioplastic made from seaweed polysaccharides with green production methods. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(5), 105895. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105895>.
142. LIU, Q. H., TANG, J. W., WEN, P. B., WANG, M. M., ZHANG, X., & WANG, L. (2021b). From prokaryotes to eukaryotes: insights into the molecular structure of glycogen particles. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 8, 673315. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.673315>.
143. LIU, Y., AHMED, S., SAMEEN, D. E., WANG, Y., LU, R., DAI, J., QIN, W. (2021a). A review of cellulose and its derivatives in biopolymer-based for food packaging application. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 532–546. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.016>.
144. LIU, Z., HUANG, Y., ZHANG, Y., CHEN, D., & ZHANG, Y. Q. (2011). Drosophila Acyl-CoA synthetase long-chain family member 4 regulates axonal transport of synaptic vesicles and is required for synaptic development and transmission. *Journal of Neuroscience*, 31(6), 2052-2063. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3278-10.2011>.
145. LORENC, F., JAROŠOVÁ, M., BEDRNÍČEK, J., SMETANA, P., & BÁRTA, J. (2022). Structural Characterization and Functional Properties of Flaxseed Hydrocolloids and Their Application. *Foods*, 11(15), 2304. <https://doi.org/10.3390/foods11152304>.
146. LOTRAKUL, P., DEENARN, P., PRASONGSUK, S., & PUNNAPAYAK, H. (2009). Isolation of *Aureobasidium pullulans* from bathroom surfaces and their antifungal activity against some *Aspergilli*. *Afr J Microbiol Res*, 3(5), 253-257. <https://www.internationaljournalofscholarship.com/articles/isolation-of-aureobasidium-pullulans-from-bathroom-surfaces-and-their-antifungal-activity-against-some-aspergilli.pdf>.

147. LPWG- Legume Phylogeny Working Group. (2017). A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon*, 66(1): 44–77.
148. LUO, J., LI, Y., MAI, Y., GAO, L., OU, S., WANG, Y., ... & PENG, X. (2018). Flaxseed gum reduces body weight by regulating gut microbiota. *Journal of Functional Foods*, 47, 136-142. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.042>.
149. LUTHULI, S., WU, S., CHENG, Y., ZHENG, X., WU, M., & TONG, H. (2019). Therapeutic effects of fucoidan: A review on recent studies. *Marine drugs*, 17(9), 487. <https://doi.org/10.3390/md17090487>.
150. LV, J., ZHANG, Y., TIAN, Z., LIU, F., SHI, Y., LIU, Y., & XIA, P. (2017). Astragalus polysaccharides protect against dextran sulfate sodium-induced colitis by inhibiting NF- κ B activation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 723-729. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813016330707>.
151. MAAMRIA, L. (2015). Etude phytochimique de deux plantes Leguminosae: Astragalus depressus L. et Astragalus gombo Coss. et Dur (Doctoral dissertation, UB1). <http://dspace.univ-batna.dz/xmlui/handle/123456789/733>
152. MAHMOUDI, M., ABDELLAOUI, R., BOUGHALLEB, F., YAHIA, B., MABROUK, M., & NASRI, N. (2021). Characterization of lipids, proteins, and bioactive compounds in the seeds of three Astragalus species. *Food Chemistry*, 339, 127824. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620316861> .
153. MALLEDAN .Y. (2017) - Méthode de surveillance de l'héparine non fractionnée par TC ou anti-Xa .thèse, université d'ANGERS. 70 p. <https://dune.univ-angers.fr/fichiers/14007474/2017MCEM6855/fichier/6855F.pdf>.
154. MANHIVI V. E., VENTER S., AMONSOU E. O., KUDANGA, T. (2018). Composition, thermal and rheological properties of polysaccharides fromamadumbe (Colocasiaesculenta) and cactus (Opuntia spp.). *Carbohydrate Polymers*, 195, 163–169 p. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014486171830448X> .
155. MAO, W., Li, H., Li, Y., ZHANG, H., QI, X., SUN, H., ... & GUO, S. (2009). Chemical characteristic and anticoagulant activity of the sulfated polysaccharide isolated from Monostroma latissimum (Chlorophyta). *International Journal of Biological Macromolecules*, 44(1), 70-74. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813008002420>.
156. MAO, W., ZANG, X., LI, Y., & ZHANG, H. (2006). Sulfated polysaccharides from marine green algae Ulva conglobata and their anticoagulant activity. *Journal of Applied phycology*, 18, 9-14. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-005-9008-4>.

157. MARTINS, L. C., MONTEIRO, C. C., SEMEDO, P. M., & SÁ-CORREIA, I. (2020). Valorisation of pectin-rich agro-industrial residues by yeasts: potential and challenges. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 104(15), 6527–6547. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10697-7>.
158. MATOS, M. J., SANTANA, L., URIARTE, E., ABREU, O. A., MOLINA, E., & YORDI, E. G. (2015). Coumarins—an important class of phytochemicals. *Phytochemicals-isolation, characterisation and role in human health*, 25, 533-538. [https://books.google.com/books?hl=ar&lr=&id=smmQDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA113&dq=\).+Coumarins%E2%80%94an+important+class+of+phytochemicals.+Phytochemicals-isolation,&ots=6Z1Sr7gDli&sig=Ogp4lxIZpOaWrRveSvg585ryCgs](https://books.google.com/books?hl=ar&lr=&id=smmQDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA113&dq=).+Coumarins%E2%80%94an+important+class+of+phytochemicals.+Phytochemicals-isolation,&ots=6Z1Sr7gDli&sig=Ogp4lxIZpOaWrRveSvg585ryCgs)
159. MATOVIĆ, V., BUHA, A., ĐUKIĆ-ĆOSIĆ, D., & BULAT, Z. (2015). Insight into the oxidative stress induced by lead and/or cadmium in blood, liver and kidneys. *Food and Chemical Toxicology*, 78, 130-140. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691515000575>.
160. MAYOU, N. S., MEDJOURI, M., & YOUMBAL, A. (2018). Activités biologiques des polysaccharides hydrosolubles d'*Ammodaucus leucotrichus* (Sahara septentrional Algérien). thèse de master université KASDI MERBAH OUARGLA. 60 p. <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/18585>.
161. MEDLEJ, M. K., BATOUL, C., OLLEIK, H., Li, S., HIJAZI, A., NASSER, G. & POCHAT-BOHATIER, C. (2021). Antioxidant activity and biocompatibility of fructo-polysaccharides extracted from a wild species of *Ornithogalum* from Lebanon. *Antioxidants*, 10(1), 68. <https://www.mdpi.com/952900>.
162. MEHELLOU Z., (2016). Caractérisation partielle et activités biologiques des polysaccharides hydrosolubles issus de deux plantes spontanées récoltées au Sahara septentrional Est algérien. (Thèse de Magister, Université Kasdi Merbah d'Ouargla), 170p. <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/10087>.
163. MEHELLOU Z., YOUMBAL A., BOUAL Z., GARDARIN C., PIERRE G., DELATTRE C., MICHAUD P & OULD EL-HADJ M. D. (2022). effet hepato-protecteur d'extraits bruts de polysaccharides de feuilles d'oudneya africana r. br. (brassicaceae) sur l'inflammation aiguë induite par l'acetate de plomb chez des rats wistar albino. *Algerian journal of arid environment*, 12(1), 120-137. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DZ2023200009>.
164. MERY, L. (2019). Lentinula edodes (Shiitake), champignon médicinal comestible: Les modes de culture, les effets secondaires liés à sa consommation et leurs traitements (Doctoral dissertation).P: 21.

165. MIAO, X. (2011). Hydrophobically modified derivatives of polysaccharides (Doctoral dissertation, The University of GRENOBL). 9-147 p.
166. MIRHOSSEINI, H., & AMID, B. T. (2012). A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums. *Food research international*, 46(1), 387-398.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996911006417>.
167. MIRMONSEF, P., HOTTON, A. L., GILBERT, D., BURGAD, D., LANDAY, A., WEBER, K. M., ... & SPEAR, G. T. (2014). Free glycogen in vaginal fluids is associated with *Lactobacillus* colonization and low vaginal pH. *PloS one*, 9(7), e102467.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102467>.
168. MIŠURCOVÁ, L., ORSAVOVÁ, J., & AMBROŽOVÁ, J. V. (2014). Algal polysaccharides and health. *Polysaccharides: Bioactivity and biotechnology*. Springer International Publishing Switzerland.1–29. https://doi.org/10.1007/978-3-319-03751-6_24-1.
169. MIZUTANI, H., TADA-OIKAWA, S., HIRAKU, Y., KOJIMA, M., & KAWANISHI, S. (2005). Mechanism of apoptosis induced by doxorubicin through the generation of hydrogen peroxide. *Life sciences*, 76(13), 1439-1453.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024320504009877>.
170. MOHAMMED, A. S. A., NAVEED, M., & JOST, N. (2021). Polysaccharides; classification, chemical properties, and future perspective applications in fields of pharmacology and biological medicine (a review of current applications and upcoming potentialities). *Journal of Polymers and the Environment*, 29, 2359-2371.
<https://doi.org/10.1007/s10924-021-02052-2>.
171. MOHAMMED, G. M., SEDKY, A., & ELSAWY, H. (2017). A study of the modulating action of quercetin on biochemical and histological alterations induced by lead exposure in the liver and kidney of rats. *Chinese J Physiol*, 60(3), 183-190.
<https://www.cps.org.tw/issues/file/68a997602dfbb14083a308e44b265516.pdf>.
172. -MOHAMMEDI, Z. (2013). Etude phytochimique et activités biologiques de quelques Plantes médicinales de la Région Nord et Sud Ouest de l'Algérie (Doctoral dissertation). Université de Tlemcen,, 170p.
173. MOHNEN, D. (2008) Pectin structure and biosynthesis. *Current opinion in plant biology*, 11(3), 266–277. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2008.03.006>.
174. MOHRI, M., & REZAPOOR, H. (2009). Effects of heparin, citrate, and EDTA on plasma biochemistry of sheep: comparison with serum. *Research in veterinary science*,

- 86(1), 111-114.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S003452880800115X>.
175. MOREL, S. (2011). Etude phytochimique et évaluation biologique de *Derris ferruginea* Benth. (Fabaceae) (Doctoral dissertation, Université d'Angers).
<https://theses.hal.science/tel-00671071/>.
176. MOTAUNG, T. E., & LINGANISO, L. Z. (2018). Critical review on agrowaste cellulose applications for biopolymers. *International Journal of Plastics Technology*, 22(2), 185–216. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12588-018-9219-6>.
177. MOUSSARD, C. (2006). *Biochimie structurale et métabolique*. De Boeck Supérieur. 74-77.
<https://books.google.com/books?hl=ar&lr=&id=buW9hamIYTAC&oi=fnd&pg=PA2&dq=Biochimie+structurale+et+m%C3%A9tabolique.+Les+glucides+:+structure+et++Propri%C3%A9t%C3%A9s&ots=H1xltcwHwv&sig=V3TQQcbIJfCBzG-s32aXODizv4>.
178. NACHER-VAZQUEZ, M., BALLESTEROS, N., CANALES A., RODRIGUEZ SAINT-JEAN, S., PEREZ-PRIETO, S. I., PRIETO, A., AZNAR, R. & LOPEZ, P. (2015) Dextrans produced by lactic acid bacteria exhibit antiviral and immunomodulatory activity against salmonid viruses. *Carbohydrate Polymers*, 124, 292-301.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861715001332>.
179. NAIR, A. R., DEGHESELLE, O., SMEETS, K., VAN KERKHOVE, E., & CUYPERS, A. (2013). Cadmium-induced pathologies: where is the oxidative balance lost (or not)?. *International journal of molecular sciences*, 14(3), 6116-6143.
<https://www.mdpi.com/48662>.
180. NASROLLAHZADEH, M., SAJJADI, M., IRAVANI, S., & VARMA, R. S. (2021). Starch, cellulose, pectin, gum, alginate, chitin and chitosan derived (nano) materials for sustainable water treatment: A review. *Carbohydrate Polymers*, 251, 116986.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861720311590>.
181. NDIAYE, M., SY, G, DIEYE, A., TOURÉ, M., & FAYE, B. (2006). Evaluation de l'activité anti-inflammatoire de feuilles d'*annonareticulata* (annonaceae) sur l'œdème aigu de la patte de rat indit par la carragénine. *Pharm. Méd. Trad. Afr*, 14. P. 179-186.
https://www.academia.edu/download/31561183/14-179-186anti_inflammatoire.pdf.
182. NERÉE, A. (2016). caractérisation biophysique et rôles biologiques des interactions hormone peptidique- glycosaminoglycane. Thèse de Magister, Université du QUEBEC A MONTREAL, 136p. <https://core.ac.uk/download/pdf/77618872.pdf>.

183. NGA, E. N., NGOLSOU, F., NYANGONO NDONGO, M., SOPPO LOBE, V., BETOTE, D. P. H., BENG MEKOULOU, C., ... & MINKANDE, Z. (2020). Étude Toxicologique In Vivo de l'Extrait Aqueux des Feuilles de Psychotria Calceata. *HEALTH SCIENCES AND DISEASE*, 21(10).
https://www.researchgate.net/profile/Francois-Eyaane-Meva/publication/344752527_Etude_Toxicologique_In_Vivo_de_l'Extrait_Aqueux_des_Feuilles_de_Psychotria_Calceata_Toxicological_study_of_the_aqueous_extract_of_the_leaves_of_psychotria_calceata_in_vivo/links/5f8dc09c458515b7cf8bb59b/Etude-Toxicologique-In-Vivo-de-lExtrait-Aqueux-des-Feuilles-de-Psychotria-Calceata-Toxicological-study-of-the-aqueous-extract-of-the-leaves-of-psychotria-calceata-in-vivo.pdf
184. NHARINGO, T., & MOYO, M. (2016). Application d'Opuntia ficus-indica dans la bio remédiation des eaux usées. Une revue critique. *Journal de gestion de l'environnement*, 166, 55-72 p. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.10.005>.
185. OERLEMANS, M. M., AKKERMAN, R., FERRARI, M., WALVOORT, M. T., & DE VOS, P. (2021). Benefits of bacteria-derived exopolysaccharides on gastrointestinal microbiota, immunity and health. *Journal of functional foods*, 76, 104289. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104289>.
186. OHKAWA, H., OHISHI, N., & YAGI, K. (1979). Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical biochemistry*, 95(2), 351-358. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(79\)90738-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(79)90738-3).
187. O'NEILL, M. A., DARVILL, A. G., ETZLER, M. E., MOHNEN, D., PEREZ, S., MORTIMER, J. C., & PAULY, M. (2022). Viridiplantae and Algae. *Essentials of Glycobiology [Internet]*. 4th edition. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK579936/>.
188. OUIBRAHIM, A. (2015). Evaluation de l'effet antimicrobien et antioxydant de trois plantes aromatiques (Laurus nobilis L., Ocimum basilicum L. et Rosmarinus officinalis L.) de l'Est Algérien. *UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA. P*, 15.
189. OZENDA P., (2004). Flore du Sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique, Paris, 622 pages.
190. OZENDA, P. (1977). Flore du Sahara. Ed. *Centre national de la recherche scientifique, Paris*, 622 p.
191. PALANIRAJ A. & JAYARAMAN V., 2011- Production, recovery and applications of xanthan gum by Xanthomonas campestris. *Journal of Food Engineering*, 106: 1-12. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877411001816>

192. PAN, H., ZHENG, B., YANG, H., GUAN, Y., ZHANG, L., XU, X., WU, A., & LI, H.(2023). Effect of Loblolly Pine (*Pinustaeda L.*) Hemicellulose Structure on the Properties of Hemicellulose-Polyvinyl Alcohol Composite Film. *Molecules*, 28(1), 46. <https://doi.org/10.3390/molecules28010046>.
193. PARODI, P. W. (2007). A role for milk proteins and their peptides in cancer prevention. *Current pharmaceutical design*, 13(8), 813-828. <https://www.ingentaconnect.com/content/ben/cpd/2007/00000013/00000008/art00005>.
194. PATRICK L (2006) Lead toxicity, a review of the literature. Part 1: Exposure, evaluation, and treatment. *Altern Med Rev* 11: 2-22. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authType=crawler&jrnl=10895159&asa=Y&AN=20599916&h=fST0UcvvaJK%2F01ccu3lwuBy p0oxv%2FdN0ce6ywZTS2t5STXS9gEnrShwNEJkc4soLyukfnMmBMOCWVfkL09tq3Q%3D%3D&crl=c>.
195. PATRON, N.J., & KEELING, P. J. (2005). Common evolutionary origin of starch biosynthetic enzymes in green and red algae. *Journal of Phycology*, 41(6), 1131-1141. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1529-8817.2005.00135.x>.
196. PELLETIER, É., & CAMPBELL, P. G. (2004). Écotoxicologie moléculaire: Principes fondamentaux et perspectives de développement. PUQ. 502. https://books.google.com/books?hl=ar&lr=&id=3fI7XcY246YC&oi=fnd&pg=PR3&dq=%C3%89cotoxicologie+Mol%C3%A9culaire:+Principes+++Fondamentaux+et+Perspectives+de+D%C3%A9veloppement&ots=9_pZtnGcf_&sig=gnplhKLUA4KYCBWOGdF01XiFLuY.
197. PERCHERON, F., PERLES, R., & FOGLITTI M. J. (1981). Glucides. Structure et propriétés. Abrégé de biochimie générale. Éd: Université RENE DEXARTES, PARIS. 31 -33P.
198. PÉREZ, S., & BERTOFT, E. (2010). The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: A comprehensive review. *Starch-Stärke*, 62(8), 389-420. <https://doi.org/10.1002/star.201000013>.
199. PEREZ-LOPEZ, A. V., & SIMPSON, J. (2020). The sweet taste of adapting to the desert: fructan metabolism in Agave species. *Frontiers in Plant Science*, 11, 324. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00324>.
200. PERSIN, Z., STANA-KLEINSCHKE, K., FOSTER, T. J., VAN DAM, J. E. G., BOERIU, C. G. & NAVARD, P., (2011), Challenges and opportunities in polysaccharides research and technology: The EPNOE views for the next decade in the

- areas of materials, food and health care. *Carbohydrate Polymers*, 84, 22-32 p.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861710009422>.
201. PETERA, B., (2016), Extraction et caractérisations (structurale et physico-chimique) de polysaccharides hydrosolubles issus de cladodes de *Cereus triangularis*, thèse de doctorat UNIVERSITE BLAISE PASCAL-Clermont-Ferrand II, 142p.
<https://theses.hal.science/tel-01548829/>.
 202. PETERA, B., DELATTRE, C., PIERRE, G., WADOUACHI, A., ELBOUTACHFAITI, R., ENGEL, E., PUGHON, L., MICHAUD, P., FENORADOSOA, T.A. (2015). Characterization of arabinogalactan-rich mucilage from *Cereus triangularis* cladodes. *Carbohydrate Polymers*, 127, 372-380.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861715003100>.
 203. PIERRE, G., DELATTRE, C., BENAOUN, F., CHOUANA, T., PETERA, B., GARDARIN, C., ... & MICHAUD, P. (2017). Bioactive polysaccharides from African terrestrial plants: the importance of ethnobotany. In 5th EPNOE International Polysaccharide Conference. https://www.researchgate.net/profile/Guillaume-Pierre-4/publication/323907473_Bioactive_polysaccharides_from_African_terrestrial_plants_the_importance_of_ethnobotany/links/5ab240de458515ecebedca62/Bioactive-polysaccharides-from-African-terrestrial-plants-the-importance-of-ethnobotany.pdf.
 204. PLESZCZYNSKA, M., WIATER, A., JANCZAREK, M., & SZCZODRAK, J. (2015). (1→3)- α -D-Glucan hydrolases in dental biofilm prevention and control: a review. *International journal of biological macromolecules*, 79, 761-778.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813015003931>.
 205. POMIN, V. H., (2015). Sulfated glycans in inflammation. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 92, 353-369.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0223523415000136>.
 206. PONZINI, E.; NATALELLO, A.; USAI, F.; BECHMANN, M.; PERI, F.; MÜLLER, N.; & GRANDORI, R. (2019), Structural characterization of aerogels derived from enzymatically oxidized galactomannans of fenugreek, sesbania and guar gums. *Carbohydr. Polym.* 207, 510–520.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861718314334>.
 207. PRAJAPATI, V.D.; JANI, G.K.; MORADIYA, N.G.; RANDEIRA, N.P.; NAGAR, B.J.; NAIKWADI, N.N.; & VARIYA, B.C. (2013), Galactomannan: A versatile biodegradable seed polysaccharide. *International journal of biological macromolecules*. 60, 83–92.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813013002808>.

208. PRATS, C., GRAHAM, T. E., AND SHEARER, J. (2018). The dynamic life of the glycogen granule. *J. Biol. Chem.* 293, 7089–7098. <https://doi.org/10.1074/jbc.r117.802843>.
209. QUEZEL P., SANTA S. 1962. Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales .Tome I .Paris .*Centre National de la recherche Scientifique*. 565p.
210. RAGAB, T. I. M., AMER, H., MOSSA, A. T., EMAM M., HASABALLAH A. A., & HELMY W. A. (2018). Anticoagulation, fibrinolytic and the cytotoxic activities of sulfated hemicellulose extracted from rice straw and husk. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 15: 86–91. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878818118302883>.
211. RAHMITA, R., RAMADANIL, R., & IQBAL, M. (2019). Jenis-Jenis Tumbuhan Suku Fabaceae, Subfamili Caesalpinioideae Di Areal Kampus Universitas Tadulako, Palu. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 8(2), 127-133. <https://doi.org/10.22487/25411969.2019.v8.i2.13542>.
212. RAHUL, R., KUMAR, S., JHA, U., SEN, G., & INT, J. (2015). Cationic inulin: a plant based natural biopolymer for algal biomass harvesting. *International journal of biological macromolecules*, 72, 868-874 . <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813014006412>.
213. RAJESWARI, A., CHRISTY, E. J. S., SWATHI, E., & PIUS, A. (2020). Fabrication of improved cellulose acetate-based biodegradable films for food packaging applications. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*. 2, Pages 107-114. <https://doi:10.1016/j.enccco.2020.07.00>.
214. RAMAWAT, K. G., & MÉRILLON, J. M., (2015). Polysaccharides: bioactivity and biotechnology Switzerland: *Springer International Publishing*.
215. RAOUFI, N., KADKHODAEI, R., FANG, Y., & PHILLIPS, G. O. (2019). Ultrasonic degradation of Persian gum and gum tragacanth: effect on chain conformation and molecular properties. *Ultrasonics Sonochemistry*, 52, 311-317.
216. RAY, B., SCHUTZ, M., MUKHERJEE, S., JANA, S., RAY, S., & MARSCHALL, M. (2020). Exploiting the Amazing Diversity of Natural Source-Derived Polysaccharides: Modern Procedures of Isolation, Engineering, and Optimization of Antiviral Activities. *Polymers*, 13(1). 136. <https://www.mdpi.com/945310>.
217. REES, J. F., ZAL, F., & THOMÉ, J. P. (2007). Enfer et paradis: la toxicité de l'oxygène chez les organismes abyssaux= Heaven and Hell: Oxygen toxicity in abyssal organisms. *Océanis (Paris)*, (3).

218. REVIEW. T., FRANCISCO. G., AAMIR. G., JAMES. G., RAMI. E., ALFRED. G., ALAN. T., JUSTUS. K., TON. L., JEAN-JACQUES. C. (2011). Probiotiques et Prébiotiques. *WGO Global Guideline Probiotiques and prébiotiques* p 13.
219. REZAEI, A., NASIRPOUR, A., & TAVANAI, H. (2016). Fractionation and some physicochemical properties of almond gum (*Amygdalus communis* L.) exudates. *Food Hydrocolloids*, 60, 461–469. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X16301631>.
220. RIOS, J. L., & WATERMAN, P. G. (1997). A review of the pharmacology and toxicology of *Astragalus*. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Medical and Scientific Research on Plants and Plant Products*, 11(6), 411-418. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1573\(199709\)11:6%3C411::AID-PTR132%3E3.0.CO;2-](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1573(199709)11:6%3C411::AID-PTR132%3E3.0.CO;2-).
221. RJEIBI, I., HENTATI, F., FERIANI, A., HFAIEDH, N., DELATTRE, C., MICHAUD, P., & PIERRE, G. (2019). Novel antioxidant, anti- α -amylase, anti-inflammatory and antinociceptive water-soluble polysaccharides from the aerial part of *Nitraria retusa*. *Foods*, 9(1), 28. <https://www.mdpi.com/604738>.
222. RODRIGUES, J.A.G., QUINDERÉ, A.L.G., DE QUEIROZ, I.N.L., COUR, A. C.O., & BENEVIDES, N.M.B. (2012). Comparative study of sulfated polysaccharides from *Caulerpa* spp. (Chlorophyceae). Biotechnological tool for species identification?. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 34(4), 381-389. <https://www.redalyc.org/pdf/1871/187123693002.pdf>.
223. ROL, F., BELGACEM, M. N., GANDINI, A., & BRAS, J. (2019). Recent advances in surfacemodified cellulose nanofibrils. *Progress in Polymer Science*, 88, 241–264. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670018300327>.
224. ROPARTZ, D., & RALET, MC. (2020). Pectin Structure. In: Kontogiorgos, V. (eds) *Pectin: Technological and Physiological Properties*. Springer, Cham. pp 17–36. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53421-9_2.
225. SÁENZ, C., SEPÚLVEDA, E., & MATSUHIRO, B. (2004). *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *Journal of arid environments*, 57(3), 275-290. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014019630300106X>.
226. SAFDAR, B.; ZHIHUA, P.; XINQI, L.; JATOI, M.A.; & RASHID, M.T. (2020). Influence of different extraction techniques on recovery, purity, antioxidant activities, and microstructure of flaxseed gum. *Journal of Food Science*, 85, 3168–3182. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1750-3841.15426>.

227. SAKA, S., BAH, A., & AOUACHERI, W. (2011). L'effet du stress oxydant induit par l'acétate de plomb sur le système enzymatique du glutathion chez les rats. *In Annales de Toxicologie Analytique*, 23(3) pp. 139-145. <https://doi.org/10.1051/ata/2011123>.
228. SARRAF, A., VERTON, E., ADDOUN, N., BOUAL, Z., OULD EL HADJ, M. D., EL ALAOUI-TALIBI, Z., ... & PIERRE, G. (2021). Polysaccharides and derivatives from Africa to address and advance sustainable development and economic growth in the next decade. *Applied Sciences*, 11(11), 5243. <https://doi.org/10.3390/app11115243>.
229. SASTRE, J., PALLARDO, F. V., GARCIA DE LA ASUNCION, J., & VIÑA, J. (2000). Mitochondria, oxidative stress and aging. *Free radical research*, 32(3), 189-198. <https://doi.org/10.1080/10715760000300201>.
230. SAYED AHMED. B, (2018), Etude de l'agroraffinage de graines d'Apiaceae, Lamiaceae et Chenopodiaceae pour la production de molécules biosourcées en vue d'application en industrie cosmétique, thèse de doctorat université de TOULOUSE, 177p. <https://oatao.univ-toulouse.fr/19767>.
231. SCHEIBMEIR, H. D., CHRISTENSEN, K., WHITAKER, S. H., JEGAETHESAN, J., CLANCY, R., & PIERCE, J. D. (2005). A review of free radicals and antioxidants for critical care nurses. *Intensive and Critical Care Nursing*, 21(1), 24-28. <https://doi.org/10.1016/j.iccn.2004.07.007>.
232. SEBAALY. C., KASSEM.S., GRISHINA.E., KANAAN.H., SWEIDAN.A., CHMIT.M.S., & KANAAN.H.M.(2014) .Anticoagulant and antibacterial activities of polysaccharides of redalgae Corallina collected from Lebanese coast, *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 4 (4), 30–37, <https://doi.org/10.3390/md18080427>.
233. SELVAKUMAR, P. M., & THANAPPAUL, R. J. R. S. (2021). An Insight into the Polymeric Structures in Asian Palmyra Palm (*Borassus flabellifer* Linn). *Organic Polymer Material Research*, 2(2), 16–21. <https://doi.org/10.30564/opmr.v2i2.2639>.
234. SHAFIE, M. H., KAMAL, M. L., ZULKIFLEE, F. F., HASAN, S., UYOP, N. H., ABDULLAH, S., & ZAFARINA, Z. (2022). Application of Carrageenan extract from red seaweed (Rhodophyta) in cosmetic products: A review. *Journal of the Indian Chemical Society*, 100613. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019452222002758>.
235. SHANMUGAM, M., & MODY, K.H. (2000). Heparinoid-active sulphated polysaccharides from marine algae as potential blood anticoagulant agents. *CurrSci India*, 79, 1672–1683. <https://www.jstor.org/stable/24104127>.
236. SHANMUGAM, M., MODY, K.H., RAMAVAT, B.K, MURTHY, A., SIDDHANTA ,A.K .(2002) .Screening of Codiacean algae (Chlorophyta) of the Indian coasts for blood

- anticoagulant activity. *Journal of the Indian Chemical Society*, 31, 33–38. <http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/4300>.
237. SHARMA, S. & SINGH, B. (2014). Lead acetate induced histopathological alterations in renal tissue of BALB-C mice (MUS MUSCULUS). *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 5(3): 23-28. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=5b6ea18877490fc4b12f60ffe8323305d6998298>.
238. SHEHATA I, A., EL-HARSHANY, E., ABDALLAH, H. M., ESMAT, A & ABDEL-SATTAR E. A., (2018). Anti-inflammatory activity of Kleiniaodora. *European Journal of Integrative Medicine*. 23, 64-69. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876382018302968>.
239. SHRESTHA, U.R.; SMITH, S.; PINGALI, S.V.; YANG, H.; ZAHRAN, M.; BREUNIG, L.; WILSON, L.A.; KOWALI, M.; KUBICKI, J.D.; & COSGROVE, D.J. (2019). Arabinose substitution effect on xylan rigidity and self-aggregation. *Cellulose*, 26, 2267–2278. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10570-018-2202-8>.
240. SILCHENKO. A.S., RASIN. A.B., KUSAYKIN. M.I., KALINOVSKY. A.I., MIANSONG. Z., CHANGHENG. L., ...& ERMAKOVA. S.P. (2017). Structure, enzymatic transformation, anticancer activity of fucoidan and sulphatedfuco oligosaccharides from Sargassumhorneri *Carbohydr. Polym*, 175, 654–660. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861717309190>.
241. SINCLAIR, S., (1998). Chinese herbs: a clinical review of Astragalus, Ligusticum, and Schizandrae. *Alternative Medicine Review*. 3, 338–344. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=20b25fb55d46e0585da3479a23c97a4c71c46a9b>.
242. SINGH, R. M., KAUR, N., & KENNEDY, J. F., (2015). Pullulan and pullulan derivatives as promising biomolecules for drug and gene targeting. *Carbohydrate Polymers*, 123: 190-207. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861715000569>.
243. SINGH, R. S., KAUR, N., & KENNEDY, J. F. (2015). Pullulan and pullulan derivatives as promising biomolecules for drug and gene targeting. *Carbohydrate Polymers*, 123, 190-207. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861715000569>.
244. SONG, Q., & ZHU, Z. (2020). Using Cordyceps militaris extracellular polysaccharides to prevent Pb 2+-induced liver and kidney toxicity by activating Nrf2 signals and modulating gut microbiota. *Food & function*, 11(10), 9226-9239. <https://doi.org/10.1039/D0FO01608J>.

245. SOOD, A ., GUPTA , A ., & AGRAWAL ,G. (2021). Recent advances in polysaccharides based biomaterials for drug delivery and tissue engineering applications, *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100067>.
246. SOOD, A., GUPTA, A., & AGRAWAL, G. (2021). Recent advances in polysaccharides based biomaterials for drug delivery and tissue engineering applications. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 100067. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666893921000359>.
247. SOUKOULIS, C., GAIANI C., & HOFFMANN, L. (2018). Plant seed mucilage as emerging biopolymer in food industry applications. *Current Opinion in Food Science*, 22: 28–42 p. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214799317301820>.
248. SPRENT, J.I., ARDLEY, J., & JAMES, E.K. (2017). Biogeography of nodulated legumes and their nitrogen-fixing symbionts. *New Phytologist*, 215, 40–56. <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/nph.14474>.
249. SUH, J. K. F., & MATTHEW, H. W. (2000). Application of chitosan-based polysaccharide biomaterials in cartilage tissue engineering: a review. *Biomaterials*, 21(24), 2589-2598. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(00\)00126-5](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(00)00126-5).
250. TABARSA, M., YOU, S., DABAGHIAN, E. H., & SURAYOT, U. (2018). Water-soluble polysaccharides from *Ulva intestinalis*: Molecular properties, structural elucidation and immunomodulatory activities. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(2), 599-608. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.07.016>.
251. TEDJANI, A., BOUAL, Z., EL HADJ, M. D. O., LANEZ, T., BELKHALFA, H., EL ALAOUI-TALIBI, Z., ... & MICHAUD, P. (2023). Antidiabetic potential of mucilage fraction extracted from *Astragalus gyzensis* seeds. *European Journal of Biological Research*, 13(1), 18-30. <http://jbrodka.com/index.php/ejbr/article/view/32>.
252. TESTONI, G., DURAN, J., GARCÍA-ROCHA, M., VILAPLANA, F., SERRANO, A. L., SEBASTIAN, D., ... & GUINOVART, J. J. (2017). Lack of glycogenin causes glycogen accumulation and muscle function impairment. *Cell metabolism*, 26(1), 256-266. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2017.06.008>.
253. TEYEB, H., HOUTA, O., NAJJAA, H., LAMARI, A., NEFFATI, M., DOUKI, W., & NAJJAR, M. F. (2012). Biological and chemical study of *Astragalus gombiformis*. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 67(7-8), 367-374. <https://doi.org/10.1515/znc-2012-7-803>.
254. THAKUR, G., MITRA, A., PAL, K., & ROUSSEAU, D. (2009). Effect of flaxseed gum on reduction of blood glucose and cholesterol in type 2 diabetic patients. *International*

- journal of food sciences and nutrition*, 60(sup6), 126-136. <https://doi.org/10.1080/09637480903022735>.
255. TIZZOTTI M. J., SYAHARIZA Z. A., SAR S., HASJIM J & GILBERT, R. G., (2010). The importance of amylose and amylopectin fine structures for starch digestibility in cooked rice grains. *Food Chemistry*, 136, 742–749.
 256. UDAYAN, A., ARUMUGAM, M., & PANDEY, A. (2017). Nutraceuticals from algae and cyanobacteria. In *Algal green chemistry* (pp. 65-89). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63784-0.00004-7>.
 257. ULLAH, S., KHALIL, A. A., SHAUKAT, F., & SONG, Y. (2019). Sources, extraction and biomedical properties of polysaccharides. *Foods*, 8(8), 304. <https://doi.org/10.3390/foods8080304>.
 258. USMAN, A., KHALID, S., USMAN, A., HUSSAIN, Z., & WANG, Y. (2017). Algal polysaccharides, novel application, and outlook. In *Algae based polymers, blends, and composites* (pp. 115-153). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812360-7.00005-7>.
 259. USOLTSEVA, R. V., SHEVCHENKO, N. M., MALYARENKO, O. S., ANASTYUK, S. D., KASPRIK, A. E., ZVYAGINTSEV, N. V., & ERMAKOVA, S. P. (2019). Fucoidans from brown algae *Laminaria longipes* and *Saccharina cichorioides*: Structural characteristics, anticancer and radiosensitizing activity in vitro. *Carbohydrate polymers*, 221, 157-165. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.05.079>.
 260. VAMECQ, J., VALLEE, L., STORME, L., GELE, P., & BORDET, R. (2004). Les acteurs immédiats du stress oxydatif. *P HARMACOLOGIE*, 18(8). <https://www.edimark.fr/Front/frontpost/getfiles/8461.pdf>.
 261. VAN WYK, B. E. (2019). The diversity and multiple uses of southern African legumes. *Australian Systematic Botany*, 32(6), 519-546. <https://doi.org/10.1071/SB19028>.
 262. VARKI A, CUMMINGS RD, ESKO JD, (2022). Essentials of Glycobiology: Chapter 24, Viridiplantae and Algae. Cold Spring Harbor (NY): Cold Spring Harbor Laboratory Press. <https://doi.org/10.1101/glycobiology.4e.24>.
 263. VERSLUYS, M., KIRTEL, O., TOKSOY ÖNER, E., & VAN DEN ENDE, W. (2018). The fructan syndrome: Evolutionary aspects and common themes among plants and microbes. *Plant, Cell & Environment*, 41(1), 16-38. <https://doi.org/10.1111/pce.13070>.
 264. VIEIRA, J. M., MANTOVANI, R. A., RAPOSO, M. F. J., COIMBRA, M. A., VICENTE, A. A., & CUNHA, R. L. (2019). Effect of extraction temperature on rheological behavior and antioxidant capacity of flaxseed gum. *Carbohydrate polymers*, 213, 217-227. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.02.078>.

265. VOET. D., VOET. J.G (2005). Chapitre 11: Sucre de polysaccharides. Biochimie 2éme ed, Paris. 356-380p.
266. VOGT, L., RAMASAMY, U., MEYER, D., PULLENS, G., VENEMA, K., FAAS, M. M., ... & DE VOS, P. (2013). Immune modulation by different types of $\beta 2 \rightarrow 1$ -fructans is toll-like receptor dependent. *PloS one*, 8(7), e68367. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068367>.
267. WANG, W., WANG, X., YE, H., HU, B., ZHOU, L., JABBAR, S., ... & SHEN, W. (2016). Optimization of extraction, characterization and antioxidant activity of polysaccharides from Brassica rapa L. *International Journal of Biological Macromolecules*, 82, 979-988. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.10.051>.
268. WARDANI, I. G. A. K., AMANDITA, F. Y., DE MELO MOURA, C. C., GAILING, O., & SIREGAR, I. Z. (2022). Molecular taxonomy via DNA barcodes for species identification in selected genera of Fabaceae. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 12(1), 112-122. <https://doi.org/10.29244/jpsl.12.1.112-122>.
269. WARRAND, J. (2004). Etude structurale et propriétés en solution des polysaccharides constitutifs du mucilage de lin (*Linum usitatissimum* L.) (Doctoral dissertation, Amiens).
270. WIJESINGHE, W. A. J. P., & JEON, Y. J. (2012). Biological activities and potential industrial applications of fucose rich sulfated polysaccharides and fucoidans isolated from brown seaweeds: A review. *Carbohydrate Polymers*, 88(1), 13-20. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.12.029>.
271. WIJESINGHE, W. A. J. P., & JEON, Y. J. (2012). Enzyme-assistant extraction (EAE) of bioactive components: a useful approach for recovery of industrially important metabolites from seaweeds: a review. *Fitoterapia*, 83(1), 6-12. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2011.10.016>.
272. WILLIAMS, P. A., & PHILLIPS, G. O (EDS.). (2009). Handbook of hydrocolloids. Elsevier. Introduction to food hydrocolloids. In Handbook of Hydrocolloids, 2nd ed.; Phillips, G.O., Williams, P.A., Eds.; Woodhead Publishing: Cambridge, UK, pp. 1–22. [https://books.google.dz/books?id=3k-kAgAAQBAJ&lpg=PP1&ots=e6H4B8NnFk&dq=\).%20Handbook%20of%20hydrocolloids.%20Elsevier.%E2%80%8F%20Introduction%20to%20food%20hydrocolloids.%20In%20Handbook%20of%20Hydrocolloids%2C%202nd%20ed.%3B%20Phillips%2C%20G.O.%2C%20Williams%2C%20P.A.%2C%20Eds.%3B%20Woodhead%20Publishing%3A%20Cambridge%2C%20UK%2C%20pp.%201%E2%80%9322.&lr&hl=ar&pg=PA910#v=onepage&q&f=false](https://books.google.dz/books?id=3k-kAgAAQBAJ&lpg=PP1&ots=e6H4B8NnFk&dq=).%20Handbook%20of%20hydrocolloids.%20Elsevier.%E2%80%8F%20Introduction%20to%20food%20hydrocolloids.%20In%20Handbook%20of%20Hydrocolloids%2C%202nd%20ed.%3B%20Phillips%2C%20G.O.%2C%20Williams%2C%20P.A.%2C%20Eds.%3B%20Woodhead%20Publishing%3A%20Cambridge%2C%20UK%2C%20pp.%201%E2%80%9322.&lr&hl=ar&pg=PA910#v=onepage&q&f=false).

273. WILLIS KJ. (2017). State of the World's Plants 2017. Report. Kew (GB): Royal Botanic Gardens. https://books.google.dz/books?id=WYygDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ar&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false.
274. WILSON, W. A., ROACH, P. J., MONTERO, M., BAROJA-FERNÁNDEZ, E., MUÑOZ, F. J., EYDALLIN, G., ... & POZUETA-ROMERO, J. (2010). Regulation of glycogen metabolism in yeast and bacteria. *FEMS microbiology reviews*, 34(6), 952-985. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2010.00220.x>.
275. WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2019). Preventing disease through healthy environments: exposure to lead: a major public health concern (No. WHO/CED/PHE/EPE/19.4. 7). World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329953/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.7-eng.pdf>.
276. WUSIGALE, LIANG, L., & LUO, Y. (2020). Casein and pectin: Structures, interactions, and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 391-403. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.027>.
277. XIA, L., ZHU, M., CHEN, D., & LU, Y. (2020). Juniperus pingii var. wilsonii acidic polysaccharide: Extraction, characterization and anticomplement activity. *Carbohydrate polymers*, 231, 115728. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115728>.
278. XIE, J. H., ZHANG, F., WANG, Z. J., SHEN, M. Y., NIE, S. P., & XIE, M. Y. (2015). Preparation, characterization and antioxidant activities of acetylated polysaccharides from Cyclocarya paliurus leaves. *Carbohydrate Polymers*, 133, 596-604. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.07.031>.
279. XU, T., GAO, C., FENG, X., YANG, Y., SHEN, X., & TANG, X. (2019). Structure, physical and antioxidant properties of chitosan-gum arabic edible films incorporated with cinnamon essential oil. *International journal of biological macromolecules*, 134, 230-236. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.189>.
280. XUE, N., WU, X., WU, L., LI, L., & WANG, F. (2019). Antinociceptive and anti-inflammatory effect of Naringenin in different nociceptive and inflammatory mice models. *Life sciences*, 217, 148-154. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2018.11.013>.
281. YADAV, H., & MAITI, S. (2020). Research progress in galactomannan based nanomaterials: Synthesis and application. *International Journal of Biological Macromolecules*. 163, Pages 2113-2126. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09>.
282. YAGI, K. (1976). A simple fluorometric assay for lipoperoxide in blood plasma. *Biochemical medicine*, 15(2), 212-216. [https://doi.org/10.1016/0006-2944\(76\)90049-1](https://doi.org/10.1016/0006-2944(76)90049-1).

283. YAN, H., XIE, Y., SUN, S., SUN, X., REN, F., SHI, Q., ... & ZHANG, J. (2010). Chemical analysis of *Astragalus mongholicus* polysaccharides and antioxidant activity of the polysaccharides. *Carbohydrate Polymers*, 82(3), 636-640. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.05.026>.
284. YAN, L., XIONG, C., XU, P., ZHU, J., YANG, Z., REN, H., & LUO, Q. (2019). Structural characterization and in vitro antitumor activity of A polysaccharide from *Artemisia annua* L.(Huang Huahao). *Carbohydrate polymers*, 213, 361-369. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.02.081>
285. YANG, X., LI, A., LI, X., SUN, L., & GUO, Y. (2020). An overview of classifications, properties of food polysaccharides and their links to applications in improving food textures. *Trends in Food Science & Technology*, 102, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.020>.
286. YOSHIDA, M. (2021). Fructan structure and metabolism in overwintering plants. *Plants*, 10(5), 933. <https://doi.org/10.3390/plants10050933>.
287. YOU, X., WANG, X., LIANG, C., LIU, X., & WANG, S. (2019). Purification of Hemicellulose from Sugarcane Bagasse Alkaline Hydrolysate Using an Aromatic-Selective Adsorption Resin. *Carbohydrate Polymers*, 115216. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.1152>.
288. YU, J., LI, Q., WU, J., YANG, X., YANG, S., ZHU, W., ... & LU, J. (2021). Fucoidan Extracted From Sporophyll of *Undaria pinnatifida* Grown in Weihai, China—Chemical Composition and Comparison of Antioxidant Activity of Different Molecular Weight Fractions. *Frontiers in Nutrition*, 8, 636930. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.636930>.
289. YU, Y., SHEN, M., SONG, Q., & XIE, J. (2018). Biological activities and pharmaceutical applications of polysaccharide from natural resources: A review. *Carbohydrate polymers*, 183, 91-101. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.12.009>.
290. YU, Y., TYRIKOS-ERGAS, T., ZHU, Y., FITTOLANI, G., BORDONI, V., SINGHAL, A., ... & DELBIANCO, M. (2019). Systematic hydrogen-bond manipulations to establish polysaccharide structure–property correlations. *Angewandte Chemie*, 131(37), 13261-13266. <https://doi.org/10.1002/ange.201906577>.
291. YVES R. (2008). Biopolymère Dynamique: OLIGO-ET POLYSACCHARIDES université louis pasteur Strasbourg. PP: 44-48. https://publication-theses.unistra.fr/public/theses_doctorat/2008/RUFF_Yves_2008.pdf.
292. ZARRE, S., & AZANI, N. (2013). Perspectives in taxonomy and phylogeny of the genus *Astragalus* (Fabaceae): a review. *Progress in biological sciences*, 3(1), 1-6. https://pbiosci.ut.ac.ir/article_32086_ae39c323e05d6bbc7f22523a550e5374.pdf.

293. ZAYED, A., EL-AASR, M., IBRAHIM, A. R. S., & ULBER, R. (2020). Fucoidan characterization: Determination of purity and physicochemical and chemical properties. *Marine drugs*, 18(11), 571. <https://doi.org/10.3390/md18110571>.
294. ZENG, D., ZHOU, T., ONG, W. J., WU, M., DUAN, X., XU, W., ... & PENG, D. L. (2019). Sub-5 nm ultra-fine FeP nanodots as efficient co-catalysts modified porous g-C₃N₄ for precious-metal-free photocatalytic hydrogen evolution under visible light. *ACS applied materials & interfaces*, 11(6), 5651-5660.
295. ZENG, H., ZHOU, H., SRIVASTAVA, A., KANNAN, R., & PRASANNA, V. (2019). Graphsaint: Graph sampling based inductive learning method. *arXiv preprint arXiv:1907.04931*.
296. ZHANG M., CUI, S. W., CHEUNG, P. C., & WANG, Q. (2007). Antitumor polysaccharides from mushrooms: A review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity. *Trends in Food Science and Technology*, 18, 4–19.
297. ZHANG, H. J., MAO, W. J., FANG, F., LI, H. Y., SUN, H. H., CHEN, Y., & QI, X. H. (2008). Chemical characteristics and anticoagulant activities of a sulfated polysaccharide and its fragments from *Monostroma latissimum*. *Carbohydrate polymers*, 71(3), 428-434. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.06.012>.
298. ZHANG, H., MA, J., TANG, K., & HUANG, B. (2020). Beyond energy storage: roles of glycogen metabolism in health and disease. *The FEBS Journal*, 288(12), 3772-3783. <https://doi.org/10.1111/febs.15648>.
299. ZHANG, J., CHEN, H., LUO, L., ZHOU, Z., WANG, Y., GAO, T., ... & WU, M. (2021). Structures of fructan and galactan from *Polygonatum cyrtoneura* and their utilization by probiotic bacteria. *Carbohydrate Polymers*, 267, 118219. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.1182>.
300. ZHANG, J., WEN, C., ZHANG, H., & DUAN, Y. (2019). Review of isolation, structural properties, chain conformation, and bioactivities of psyllium polysaccharides. *International journal of biological macromolecules*, 139, 409-420. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.014>.
301. ZHANG, Z., FANG, Z., XIANG, Y., LIU, D., XIE, Z., QU, D., ... & LI, J. (2021). Cellulose-based material in lithium-sulfur batteries: A review. *Carbohydrate Polymers*, 255, 117469. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117469>.
302. ZHAO, Y., ZHANG, R., JIANG, K. W., QI, J., HU, Y., GUO, J., ... & MA, H. (2021). Nuclear phylotranscriptomics and phylogenomics support numerous polyploidization events and hypotheses for the evolution of rhizobial nitrogen-fixing symbiosis in Fabaceae. *Molecular Plant*, 14(5), 748-773. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2021.02.006>.

303. ZHAUYNBAEVA, K. S., RAKHIMOV, D. A., & NIGMATULLAEV, A. A. (2010). Polysaccharides from seeds of higher plants. water-soluble polysaccharides from plant seeds of the family Apiaceae. *Chemistry of natural compounds*, 46, 783-784. <https://doi.org/10.1007/s10600-010-9740-0>.
304. ZHENG, B., XIANG, Z., QASEEM, M. F., ZHAO, S., LI, H., FENG, J. X., ... & STOLARSKI, M. J. (2022). Characterization of hemicellulose during xylogenesis in rare tree species *Castanopsis hystrix*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 212, 348-357. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.05.141>.
305. ZHONG, Q., WEI, B., WANG, S., KE, S., CHEN, J., ZHANG, H., & WANG, H. (2019). The antioxidant activity of polysaccharides derived from marine organisms: An overview. *Marine drugs*, 17(12), 674. <https://www.mdpi.com/584744>.
306. ZHU Z. Y., ZHANG J. Y., CHEN L. J., LIU X. C., LIU Y., WANG W. X. & ZHANG Y. M., (2014) Comparative evaluation of polysaccharides isolated from *Astragalus*, oyster mushroom, and yacon as inhibitors of α -glucosidase. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 12, 0290-0293.
307. ZIANE L. (2016). Etude phytochimique et évaluation biologique des extraits organiques des différentes parties de *Limoniastrum Feei* -Blombaginaceae - (Mlefet Khadem). Thèse de doctorat. Université abou-bekr belkaid – tlemcen.92p.
308. ZOHRA, R. R., AMAN, A., ZOHRA, R. R., ANSARI, A., GHANI, M., & QADER, S. A. U. (2013). Dextranase: Hyper production of dextran degrading enzyme from newly isolated strain of *Bacillus licheniformis*. *Carbohydrate polymers*, 92(2), 2149-2153. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.11.044>.
309. ZONG, A., CAO, H., & WANG, F. (2012). Anticancer polysaccharides from natural resources: A review of recent research. *Carbohydrate polymers*, 90(4), 1395-1410. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.07.026>.
310. حسين جانكير. (2012). تأثير الرصاص على بعض مضادات الاكسدة وبيروكسدة الدهن في دم ذكور الجرذان البيض. مجلة علوم الرافدين, 23(4), 55-69. https://rsci.mosuljournals.com/article_44411_ar.html
311. حليس يوسف. (2005). الموسوعة النباتية لمنطقة سوف : النباتات الصحراوية الشائعة في منطقة العرق الشرقي الكبير. صفحة 192-248.
312. زواغي يوسف. (2011). مفعول زيادة الحديد على الأكسدة الفوقية للبيبيدات لدى الجرذان الحوامل وأهمية التزويد بالزنك. أطروحة لنيل شهادة دكتوراه في Biologie Animale جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1. <http://depot.umc.edu.dz/handle/123456789/4758>.

ANNEXES

Annexe 01.- Principaux homopolysaccharides et hétéropolysaccharides

Les principaux homopolysaccharides et hétéropolysaccharides sont indiqués sur le tableau suivant.

Tableau 01.- Principaux homopolysaccharides et hétéropolysaccharides (EL KHADEM, 2003; RAMAWAT et MERILLON, 2015)

Homopolysaccharides		Hétéropolysaccharides	
Linéaires	Ramifiés	Linéaires	Ramifiés
Amylose	Amylopectine	Mannanes	Gommes
Cellulose	Dextrane	Xylanes	Mucilages
Xylane	Levane		Pectines
Inuline	Pullulane		Algine
Levane	Scleroglucane		Agar
Laminarine	Glycogène		Lectines
Chitine	Lentinane		Glycoprotéines
β -Glucane	Grifolane		Peptidoglycanes
Curdlane	Schizophyllane		

Annexe 02.- Etapes expérimentales de l'extraction des polysaccharides hydrosolubles



Figure 01.- Prétraitement par l'acétone et l'éthanol



Figure 02.- Macération à l'eau distillée

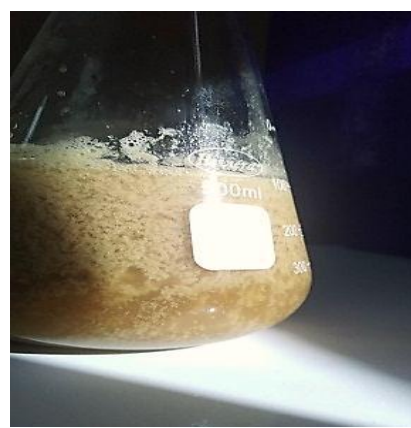


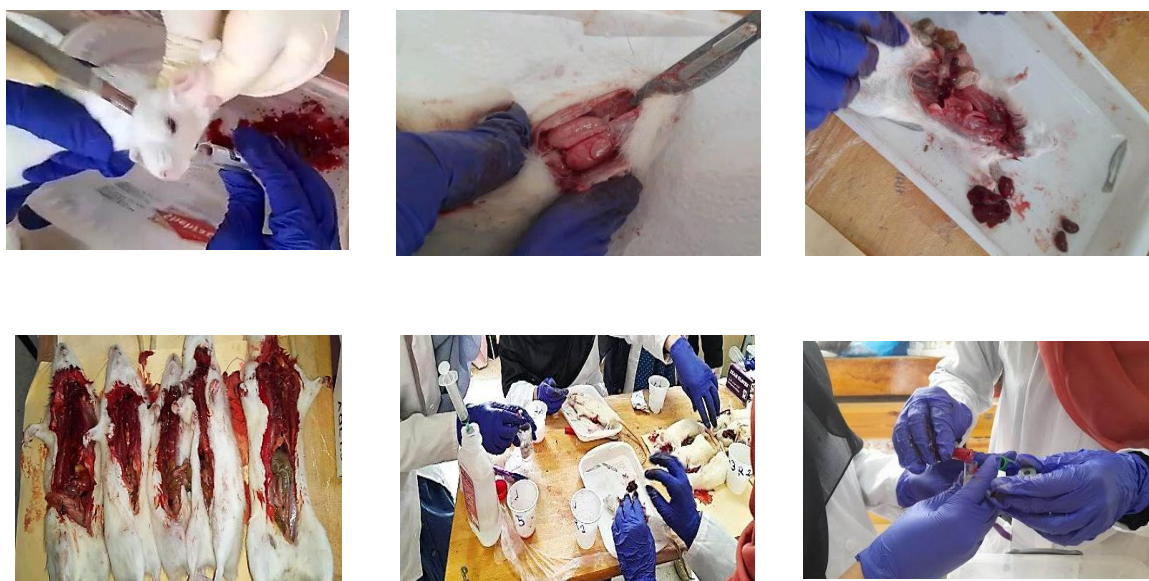
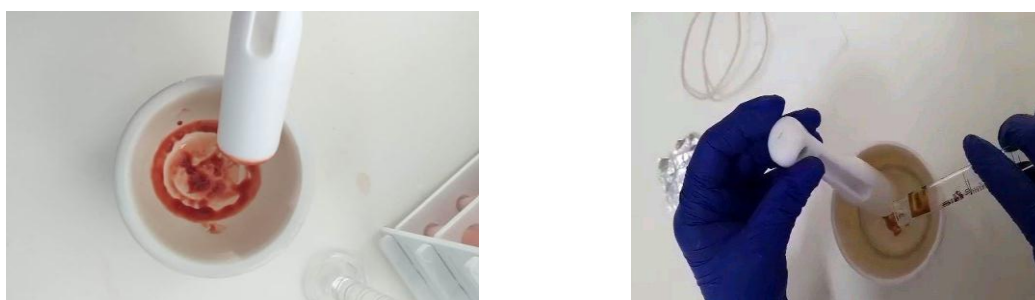
Figure 03.- Précipitation par l'éthanol (24 h, 4°C)



Figure 04.- Lavage par l'acétone



Figure 05.- Extrait des polysaccharides hydrosolubles bruts

Annexe 03.- Sacrifice, prélèvement des échantillons et préparation des homogénats**Figure 06.-** Décapitation et prélèvement de sang et des organes**Figure 07.-** Préparation de l'homogénat

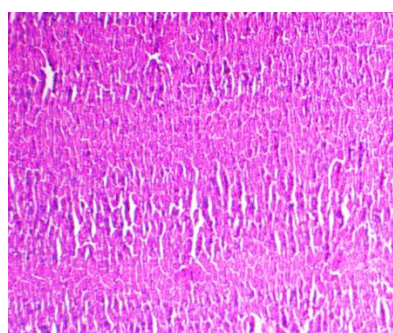
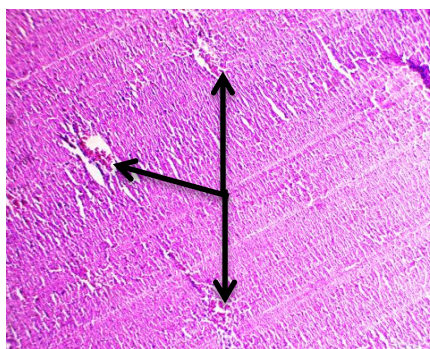
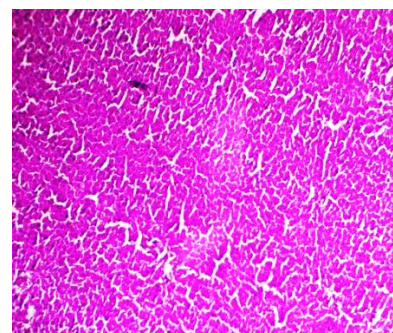
Annexe 04.- Coupes histologiques des différents organes à un grossissement $\times 10$

D: Lot témoin

E: Lot contrôle

F: Lot prétraité par AGP

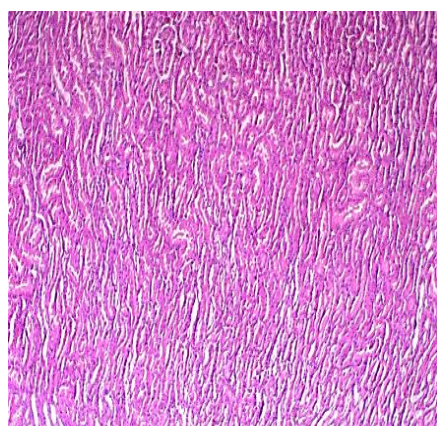
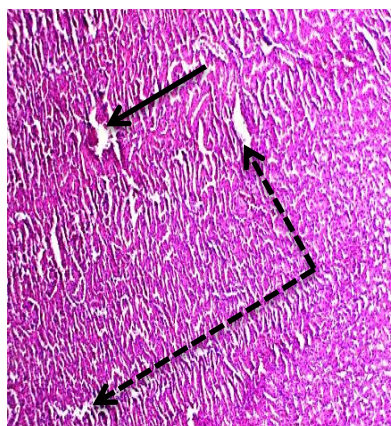
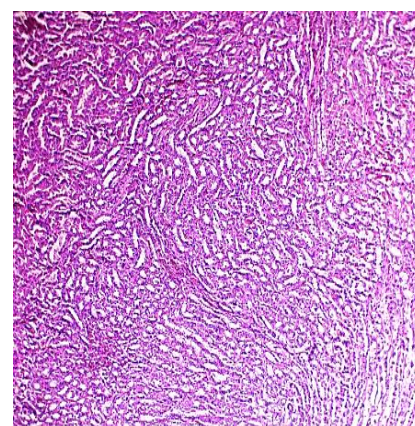
Figure 08.- Coupes histologiques du tissu hépatique de différents lots ($G \times 10$)

G: Lot témoin

H: Lot contrôle

I: Lot prétraité par AGP

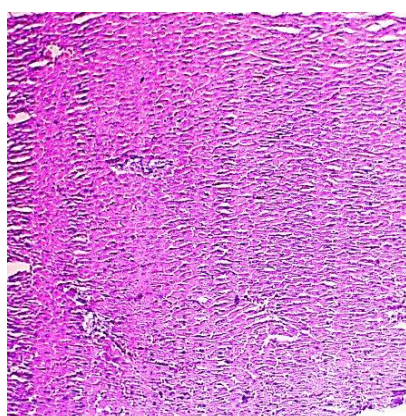
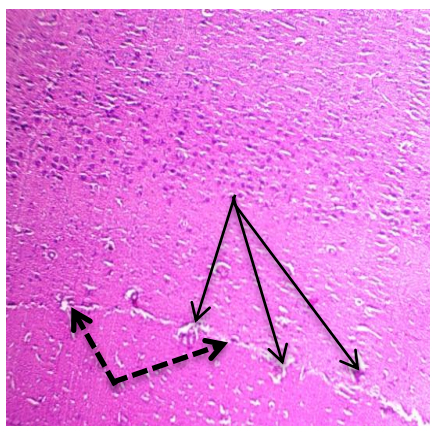
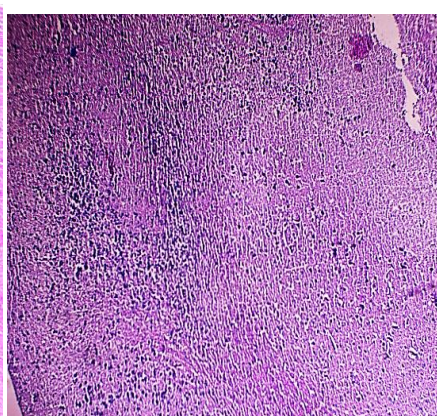
Figure 09.- Coupes histologiques du tissu rénal de différents lots ($G \times 10$)

A: Lot témoin

B: Lot contrôle

C: Lot prétraité par AGP

Figure 10.- Coupes histologiques du tissu du cerveau de différents lots ($G \times 10$)